



SKRIPSI - 141501

**ANALISIS PENGARUH ANGKA IODIN TERHADAP PROSES  
PEMBAKARAN PADA MOTOR DIESEL DENGAN BAHAN BAKAR  
BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH (*WASTE COOKING OIL*)**

**Anggit Akbar Yudisaputra**  
**4213100105**

**Dosen Pembimbing:**  
**Dr. I Made Ariana, S.T, M.T**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



**THESIS - 141501**

## **Influence Analysis of Iodine Number on Combustion Process Diesel Engine With Biodiesel Fuel Waste Cooking Oil**

**Anggit Akbar Yudisaputra  
4213100105**

**Academic Supervisor:  
Dr. I Made Ariana, S.T, M.T**

**MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Pengaruh Angka Iodin Terhadap Proses Pembakaran Pada Moto Diesel  
Dengan Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Jelantah (*Waste Cooking Oil*)**

### **Skripsi**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh:

**Anggit Akbar Yudisaputra  
NRP. 4213 100 105**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Dr. I Made Ariana, S.T., M.T  
NIP: 1971 0610 1995 12 1001



Surabaya  
Juli, 2017

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Pengaruh Angka Iodin Terhadap Proses Pembakaran Pada Moto Diesel  
Dengan Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Jelantah (*Waste Cooking Oil*)**

### **Skripsi**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh:

**Anggit Akbar Yudisaputra  
NRP. 4213 100 105**

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Surabaya  
Juli, 2017

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## **Analisis Pengaruh Angka Iodin Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel Dengan Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Jelantah (*Waste Cooking Oil*)**

Nama Mahasiswa : Anggit Akbar Yudisaputra  
NRP : 4213 100 105  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : Dr. I Made Ariana, S.T, M.T

### **ABSTRAK**

Penggunaan biodiesel sebagai alternatif bahan bakar terbarukan saat ini sedang banyak dikembangkan. Minyak jelantah sebagai salah satu alternatif bahan bakar sangat berpotensi untuk dikembangkan, karena karakteristik *properties* minyak jelantah (*waste cooking oil*) setelah dijadikan biodiesel sudah memenuhi syarat dari standar biodiesel nasional yang telah ditetapkan. Salah satu *properties* yang terdapat dalam karakteristik biodiesel ialah angka iodin. Dalam eksperimen ini diuji bagaimana pengaruh biodiesel minyak jelantah apabila salah satu *properties* nya dinaikkan. Salah satu *properties* yang dinaikkan yaitu bilangan iodin. Bilangan iodin atau *iodine number* sendiri merupakan suatu besaran untuk mengukur derajat ketidakjenuhan dalam asam lemak. Dengan menggunakan mesin diesel Yanmar TF 85-MH melalui eksperimen biodiesel minyak jelantah diuji agar dapat diketahui bagaimana proses pembakarannya.

Penambahan iodin menggunakan *iodine resublimed*, yang akan divariasikan dalam campuran biodiesel minyak jelantah 20% (B20) dan biodiesel minyak jelantah 30% (B30). Pengambilan data proses pembakaran menggunakan alat mesin analisis pembakaran *TMR-Instrument Amplifie*. Hasil dari analisis proses pembakaran menunjukkan apabila *ignition delay* semakin pendek atau semakin cepat bahan bakar terbakar maka *heat release*, *max. pressure*, akan menurun sedangkan *knocking* akan naik begitu pula sebaliknya. Dari hasil pengujian dapat diketahui pengaruh penambahan iodin pada biodiesel berpengaruh pada *ignition delay* semakin besar jumlah penambahan iodin akan membuat *ignition delay* juga semakin pendek. Biodiesel yang memiliki *ignition delay* paling pendek ialah biodiesel minyak jelantah 20% dengan penambahan iodin 20 gr/ltr dengan nilai angka iodin sebesar 94,91.

**Keywords :** *Biodiesel, Minyak Jelantah, Motor Diesel, Proses Pembakaran*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## **Analysis of Iodine Number Influence on Combustion Process Diesel Engine With Biodiesel Fuel Waste Cooking Oil**

Student Name : Anggit Akbar Yudisaputra  
NRP : 4213 100 105  
Departement : Teknik Sistem Perkapalan  
Academic supervisor : Dr. I Made Ariana, S.T, M.T

### **ABSTRAC**

The use of biodiesel as a new alternative fuel is currently being developed. Cooking oil as one of the alternative fuel is very much to be developed because the characteristic of waste cooking oil after biodiesel has fulfilled national biodiesel standard that has been determined. One of biodiesel properties is iodine number.. In this experiment also tested how the biodiesel of waste cooking oil one of its properties is raised. One of the enhanced properties is the number of iodine. Iodine or iodine number itself is a measure to measure the degree of unsaturation in fatty acids. By using Yanmar TF 85-MH diesel engine through experiments with biodiesel of cooking oil in order to know how the process.

Addition of iodine using resublimed iodine to be varied in 20% waste cooking oil biodiesel (B20) and 30% waste cooking oil biodiesel (B30). General process data retrieval using TMR-Instrument Amplifie analysis tool. Results from the combustion analysis shown if ignition delay shorter that make heat release, max. Pressure will decrease knocking will increase and also the other way around. From the test results can be known iodine effect on biodiesel is on the ignition delay, more addition of iodine will make the ignition delay also getting shorter. Biodesel with the shortest ignition delay is 20% biodiesel with addition of iodine 20 gr/ltr.

**Keywords :** *Biodiesel, Waste Cooking Oil, Diesel Engine, Combustion Process*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul “**Analisis Pengaruh Angka Iodin Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel Dengan Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Waste Cooking Oil)**” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam atas junjungan nabi besar Muhammad SAW yang diharapkan syafaatnya hingga diakhir kiamat.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. I Made Ariana, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
  2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
  3. Bapak Ir. AA Masroeri, M.Eng, D.Eng selaku dosen wali yang selalu memberikan masukan, arahan, dan membantu penulis dalam menyelesaikan masa studinya.
  4. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
  5. Sadikir, Geswahyuni, dan Meriana tercinta selaku ayah, ibu dan adik dari penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayangnya, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
  6. Teman-teman “Marine Power Plant Laboratory” yang selalu menemani penulis mengerjakan di laboratorium.
  7. Kawan seperjuangan dan seangkatan BARAKUDA '13 yang selalu mendukung hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
  8. Tim Pemandu “EKSPRESI” yang hingga akhir masa studi masih mau berdedikasi, berbagi, memberi warna, dan selalu menginspirasi dengan dan bagi penulis.
  9. Seluruh pengurus dan khususnya Kabinet “MAHAKARYA HIMASISKAL” yang menjadi dan memberikan wadah untuk belajar mencetak pola pikir dan berkembang yang sangat berharga bagi penulis.
  10. Teman-teman “kost E&” yang selalu memberikan hiburan ketika penulis mulai merasa *Low Motivation*.
  11. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
- Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya, amin.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI.....	xi
1 BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Skripsi.....	2
1.5 Manfaat .....	2
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Telaah Pustaka.....	3
2.2 Biodiesel Minyak Jelantah.....	4
2.3 Angka Iodin .....	5
2.4 Proses Pembakaran .....	6
3 BAB III METODOLOGI .....	9
3.1 Identifikasi & Perumusan Masalah.....	11
3.2 Studi Literatur .....	11
3.3 Persiapan Alat.....	11
3.4 Pembuatan Biodiesel .....	12
3.5 Penambahan Iodin .....	14

3.5.1	Iodine number .....	15
3.5.2	Viskositas .....	16
3.5.3	Densitas .....	16
3.5.4	<i>Titik nyala</i> (flash point).....	16
3.6	Eksperimen.....	16
3.7	Pengambilan Data .....	16
3.8	Pengumpulan Data .....	17
3.9	Analisa & Pembahasan.....	17
3.10	Kesimpulan & Saran .....	17
4	BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1	Persiapan dan <i>Setup</i> Alat.....	19
4.2	Analisis Uji Properties .....	20
4.3	Analisis Hasil Proses Pembakaran .....	20
4.3.1	Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran ( <i>Maximum Pressure</i> ).....	21
4.3.1.1	Analisa Perbandingan Max. Pressure B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	21
4.3.1.2	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	22
4.3.1.3	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt. ....	23
4.3.1.4	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	24



4.3.1.5	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.....	25
4.3.1.6	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.....	26
4.3.1.7	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	27
4.3.1.8	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	28
4.3.1.9	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada 80% RPM 1900; beban 5000 watt.....	29
4.3.1.10	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	30
4.3.1.11	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	31
4.3.1.12	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	31
4.3.1.13	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	32
4.3.1.14	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	33
4.3.1.15	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt. ....	34
4.3.1.16	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	35

4.3.1.17	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	35
4.3.1.18	Analisa Perbandingan <i>Max. Pressure</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	36
4.3.2	Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran ( <i>Knocking Detection</i> ).....	37
4.3.2.1	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	37
4.3.2.2	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	38
4.3.2.3	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt. ....	39
4.3.2.4	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	40
4.3.2.5	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	41
4.3.2.6	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	42
4.3.2.7	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	43
4.3.2.8	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	44
4.3.2.9	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt. ....	45

4.3.2.10	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	46
4.3.2.11	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	47
4.3.2.12	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	48
4.3.2.13	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt. ....	49
4.3.2.14	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt. ....	50
4.3.2.15	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt. ....	51
4.3.2.16	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	52
4.3.2.17	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	53
4.3.2.18	Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	54
4.3.3	Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran ( <i>Heat Release</i> ) ...	55
4.3.3.1	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.....	55
4.3.3.2	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.....	56
4.3.3.3	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.....	57

4.3.3.4	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt. ....	58
4.3.3.5	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt. ....	59
4.3.3.6	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt. ....	60
4.3.3.7	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.....	61
4.3.3.8	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.....	62
4.3.3.9	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt.....	63
4.3.3.10	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.....	64
4.3.3.11	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.....	65
4.3.3.12	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.....	66
4.3.3.13	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.....	67
4.3.3.14	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.....	68
4.3.3.15	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.....	69

4.3.3.16	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.....	70
4.3.3.17	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.....	71
4.3.3.18	Analisa Perbandingan <i>Heat Release</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.....	72
4.3.4	Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran ( <i>Ignition Delay</i> ) .	73
4.3.4.1	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900 .....	73
4.3.4.2	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200 .....	74
4.3.4.3	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 1900 .....	75
4.3.4.4	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B20; B20A dan B20B pada RPM 2200 .....	76
4.3.4.5	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 1900 .....	77
4.3.4.6	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> B30; B30A dan B30B pada RPM 2200 .....	78
4.3.4.7	Analisa Perbandingan <i>Ignition Delay</i> pada RPM 1900 dan RPM 2200 .....	79
5	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	821
5.1	Kesimpulan.....	21
5.2	Saran .....	21
6	DAFTAR PUSTAKA .....	21

7	LAMPIRAN.....	85
---	---------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 perencanaan <i>engine setup</i> .....	xix
Gambar 3. 2 Proses Pemanasan.....	12
Gambar 3. 3 proses pembuatan metoksid.....	12
Gambar 3. 4 proses <i>mixing</i> dan transesterifikasi .....	13
Gambar 3. 5 proses <i>settling</i> dan transesterifikasi .....	13
Gambar 3. 6 proses pencucian.....	13
Gambar 3. 7 <i>iodine resublimed</i> .....	14
Gambar 3. 8 hasil campuran B20 dengan 10 dan 20 gr/ltr iodin.....	15
Gambar 4.1 (a) Setup Engine Layout.....	19
Gambar 4.1 (b) <i>Presseure Tranducer</i> .....	19
Gambar 4.1 (c) Cranckangle-Encoder.....	19
Gambar 4.1 (d) TMR-Cardboard.....	19
Gambar 4. 2 contoh pengolahan data .....	20

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt .....	21
Grafik 4. 2Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt .....	22
Grafik 4. 3Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt .....	23
Grafik 4. 4Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt .....	24
Grafik 4. 5Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt .....	25
Grafik 4. 6 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt .....	26
Grafik 4. 7Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 3000 watt .....	27
Grafik 4. 8Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 4000 watt. ....	28
Grafik 4. 9Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 5000 watt .....	29
Grafik 4. 10 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt .....	30
Grafik 4. 11Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt .....	31
Grafik 4. 12Analisa Perbandingan Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt .....	32
Grafik 4. 13Analisa Perbandingan Max. Pressure B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt .....	33
Grafik 4. 14 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt .....	33
Grafik 4. 15 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt .....	34
Grafik 4. 16Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt .....	35
Grafik 4. 17Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt .....	35
Grafik 4. 18 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt .....	36
Grafik 4. 19 Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900,beban 3000 watt .....	37
Grafik 4. 20Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900, beban 4000 watt .....	38
Grafik 4. 21Analisa Perbandingan <i>Knock Detection</i> B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900, beban 5000 watt .....	39

Grafik 4. 22Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 3000 watt .....	40
Grafik 4. 23Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 4000 watt .....	41
Grafik 4. 24 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 5000 watt .....	42
Grafik 4. 25 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 3000 watt.....	43
Grafik 4. 26 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 4000 watt.....	44
Grafik 4. 27 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 5000 watt.....	45
Grafik 4. 28 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt.....	46
Grafik 4. 29 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 4000 watt.....	47
Grafik 4. 30 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 5000 watt.....	48
Grafik 4. 31 Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 3000 watt.....	49
Grafik 4. 32 Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 4000 watt.....	50
Grafik 4. 33 Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 5000 watt.....	51
Grafik 4. 34 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt.....	52
Grafik 4. 35Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 4000 watt.....	53
Grafik 4. 36Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 5000 watt.....	54
Grafik 4. 37 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex beban 3000 watt; RPM 1900.....	55
Grafik 4. 38 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex beban 4000 watt; RPM 1900.....	56
Grafik 4. 39 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 5000 watt; RPM 1900.....	57
Grafik 4. 40 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 3000 watt; RPM 2200.....	58
Grafik 4. 41 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 4000 watt; RPM 2200.....	59
Grafik 4. 42 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 5000 watt; RPM 2200.....	60
Grafik 4. 43 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B beban 3000 watt; RPM 1900.....	61
Grafik 4. 44 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B beban 4000 watt; RPM 1900.....	62

Grafik 4. 45 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B beban 5000 watt; RPM 1900 .....	63
Grafik 4. 46 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt .....	64
Grafik 4. 47 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 4000 watt .....	65
Grafik 4. 48 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 5000 watt .....	66
Grafik 4. 49 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 3000 watt .....	67
Grafik 4. 50 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 4000 watt .....	68
Grafik 4. 51 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 5000 watt .....	69
Grafik 4. 52 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 3000 watt .....	70
Grafik 4. 53 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 4000 watt .....	71
Grafik 4. 54 Analisa Perbandingan Heat Release B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 5000 watt .....	72
Grafik 4. 55 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900.....	73
Grafik 4. 56 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200.....	74
Grafik 4. 57 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B20A, B20B pada RPM 1900.	75
Grafik 4. 58 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B20A, B20B pada RPM 2200.	76
Grafik 4. 59 Analisa Perbandingan Ignition Delay B30, B30A, B30B pada RPM 1900.	77
Grafik 4. 60 Analisa Perbandingan Ignition Delay B30, B30A, B30B pada RPM 2200.	78
Grafik 4. 61 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B20A, B20B, B30, B30A, B30B pada RPM 1900 dan 2200. ....	79
Grafik 4. 62 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt .....	12
Grafik 4. 63 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt .....	12

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Standart Biodiesel Indonesia.....	4
Tabel 2 Hasil analisa <i>iodine number</i> .....	15
Tabel 3 Hasil uji properties biodiesel.....	20

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar berbasis fosil (*fossil fuel*) masih sangat besar di Indonesia, padahal ketersediaanya lambat laun semakin berkurang, tidak dapat diperbaharui, dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dihasilkan. Untuk mengurangi ketergantungan tersebut, maka salah satu caranya adalah dengan pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan seperti biodiesel. Pemanfaatan biodiesel sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui dapat merupakan salah satu pilihan untuk membantu mengatasi besarnya tekanan kebutuhan BBM terutama diesel atau minyak solar di Indonesia.

Biodiesel merupakan bahan bakar masa depan yang akan menggantikan peran bahan bakar fosil yang semakin menipis ke depannya. Biodiesel diyakini lebih ramah lingkungan dibandingkan conventional fossil-fuel. Biodiesel memberikan sedikit polusi dibandingkan bahan bakar petroleum, selain itu biodiesel dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel (Zhang et al., 2003). Bahan baku Biodiesel sendiri terbuat dari sumber daya hayati yang berupa minyak lemak nabati atau lemak hewani.

Sebagai salah satu minyak nabati yang masih dapat dimanfaatkan setelah digunakan minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang potensial di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara pengkonsumsi minyak goreng terbesar di dunia. Dan dalam dunia kedokteran, penggunaan minyak jelantah (*waste cooking oil*) direkomendasi maksimum empat kali karena minyak jelantah bersifat karsinogenik yang akan menimbulkan bahaya kanker bagi yang mengkonsumsinya. Apabila masyarakat Indonesia mau menerapkan gaya hidup sehat, maka setelah digunakan minyak jelantah tidak digunakan lagi dan tentunya menyebabkan limbah minyak jelantah tersebut akan hanya dibuang begitu saja oleh para ibu rumah tangga, industri pengolahan makanan, dan pedagang makanan sehingga dapat mencemari lingkungan.

Agar dapat dimanfaatkan kembali minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*) dapat diubah menjadi bahan bakar alternatif yaitu dijadikan biodiesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi. Pereaksi yang digunakan untuk menjadikan biodiesel adalah metanol dan katalis KOH. Dalam biodiesel salah satu kandungan atau *properties* yang menjadi fokus dari biodiesel adalah angka iodinnya. Angka iodin ini akan mempengaruhi performa dan proses pembakaran dalam motor diesel sebab dalam pembakaran motor diesel diusahakan bahan bakar tidak mengandung asam atau basa. Selain itu *viskositas* dan titik bakar dari biodiesel yang lebih tinggi dari pada minyak solar. Dua sifat biodiesel tersebut perlu diturunkan agar cocok menjadi bahan bakar. Selain itu, kandungan asam tak jenuh dalam biodiesel (yang dinyatakan dengan jumlah iodin) meningkatkan risiko polimerisasi dalam minyak pelumas motor diesel.

Angka iodin ini juga akan mempengaruhi proses pembakaran dalam motor diesel, sebab dalam pembakaran motor diesel diusahakan bahan bakar tidak mengandung asam atau basa. Pada penelitiannya Nariati, (2016) melakukan pengujian kandungan angka iodin pada bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah (*waste cooking oil*) dengan

hasil nilai angka iodine pada biodiesel minyak jelantah sebesar 6,347 g/100 g dan nilai *iodine number* ini telah memenuhi standart biodiesel Indonesia.

Maka dari itu pada penelitian ini akan membahas tentang analisis proses pembakaran (*Combustion Process*) dari salah satu bahan bakar alternatif yaitu biodiesel minyak jelantah dengan penambahan iodin. Dengan prosentase biodiesel yang akan digunakan ialah perbandingan biodiesel B20 dan B30 agar dapat memberikan perbedaan terhadap proses pembakaran motor diesel.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada adapun permasalahan yang akan di bahas pada skripsi ini adalah bagaimana hasil analisa pada proses pembakaran (*Combustion Process*) serta pengaruh penambahan angka iodin pada bahan bakar biodiesel (*waste cooking oil*) pada motor diesel yang meliputi tekanan (*max pressure*), perubahan energi panas (*Heat Release*), knocking (*Knocking*), dan proses penginjeksian (*Ignition Delay*).

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cakupan dari analisis terdiri atas tekanan (*max pressure*), perubahan energi panas (*Heat Release*), knocking (*Knocking*), dan proses penginjeksian (*Ignition Delay*).
2. Tidak menganalisa dari segi ekonomi
3. Motor diesel yang digunakan yaitu yanmar TF 85-MH

## 1.4 Tujuan Skripsi

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

Untuk mengetahui bagaimana analisa proses pembakaran pada bahan bakar biodiesel berbahan dasar minyak jelantah (*waste cooking oil*) serta pengaruh penambahan iodin bila dibandingkan dengan bahan bakar pertamina dex.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat luas mengenai bahan bakar alternatif yang renewable dan ramah lingkungan sebagai penunjang krisis bahan bakar fosil di masa yang akan datang.
2. Menambah pengetahuan mengenai proses pembakaran pada motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel (*waste cooking oil*) yang ditambahkan iodin untuk bahan bakar motor diesel



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Telaah Pustaka

Bahan bakar minyak bumi diperkirakan akan habis jika dieksploitasi secara besar-besaran. Ketergantungan terhadap bahan bakar dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar biodiesel, dimana bahan bakunya masih sangat besar untuk dikembangkan (Darmanto, Ireng, 2006)

Alasan utama untuk mencari sumber alternative bahan bakar mesin diesel dikarenakan tingginya harga produk minyak. Pengolahan biodiesel dari minyak jelantah merupakan cara yang efektif untuk menurunkan harga jual biodiesel karena murah biaya bahan baku (Evy, Fatmir 2012). Menurut Ruhyat dan Firdaus (2006), berdasarkan hasil evaluasi kelayakan beberapa bahan baku diesel menentukan bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas.

Menurut Choerniadi (2015), sebelum digunakan sebagai biodiesel, minyak yang akan digunakan sebagai bahan baku pada bahan bakar perlu diesterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan viskositas dan flash poinnya. Tanpa dilakukan proses esterifikasi dapat dikatakan biodiesel tidak cocok digunakan sebagai bahan bakar. Karena bila viskositas terlalu kental dan cenderung cepat membeku akan menggumpal berubah menjadi gel di crankcase maupun di tangki bahan bakar. Disamping itu pembakarannya juga cenderung kurang sempurna sehingga menyebabkan timbulnya deposit pada silinder mesin dan nozzle pada injektor.

Proses pembakaran motor diesel dimulai dari bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar berbentuk butir-butir cairan yang halus. Karena udara pada ruang bakar bertemperatur tinggi, maka butir-butir bahan bakar tersebut akan menguap. Penguapan butiran bahan bakar tersebut dimulai pada bagian permukaan terluarnya, karena bagian ini merupakan bagian terpanas. Uap tersebut bercampur dengan udara sekitarnya. Begitu seterusnya selama motor diesel digunakan.

Pada motor diesel ada tenggang waktu antara sejak dimulainya penginjeksian bahan bakar (periode injeksi) ke dalam silinder bakar mesin, kemudian terbentuk campuran udara+embun bahan bakar sampai terjadi titik api yang mula-mula atau periode pengapian. Tenggang waktu atau keterlambatan pengapian ini disebut *ignition delay*. *Ignition delay* adalah suatu parameter yang sangat berpengaruh terhadap awal sampai akhir proses pembakaran di dalam silinder bakar mesin (Siagian, Silaban, 2013).

Pada motor diesel waktu untuk *ignition delay* tergantung dari kualitas bahan bakar yang akan diinjeksikan. Kualitas bahan bakar tergantung dari komposisi kimia yang terkandung. Untuk itu minyak jelantah sebagai salah satu bahan bakar alternative dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel dengan metode tersetrifikasi untuk mengubah minyak menjadi asam lemak metil ester.

## 2.2 Biodiesel Minyak Jelantah

Minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel sangat berpotensi, sebab minyak jelantah di Indonesia rata-rata dapat mencapai 20% dari total konsumsi minyak goreng, sehingga per tahun dapat mencapai satu juta kiloliter. (Imaduddin, 2011).

Karena potensi dari biodiesel tersebut maka ada standar yang ditetapkan untuk mengatur kualitas dari biodiesel. Standart ini digunakan untuk standar perdagangan internasional antar negara dan kualitas dari biodiesel itu sendiri. Nilai maksimum harga angka iodin yang diperbolehkan untuk biodiesel yaitu 115 (g I<sub>2</sub>/100 g) berdasarkan Standart Biodiesel Indonesia.

Tabel 1 Standart Biodiesel Indonesia

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pad 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 – 890
2	Viscositas kinematic pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka Setana		Min.51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min.100
5	Titik kabut	°C	Maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Maks. no 3
7	Residu karbon - dalam contoh asli, atau - dalam 10 % ampas distilasi	%-massa	Maks 0,05 Maks 0,30
8	Air dan sedimen	%-vol	Maks. 0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks.360
10	Abu tersulfatkan	%-massa	Maks. 0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	Maks. 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	Maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	Maks. 0,8
14	Gliserol bebas	%-massa	Maks. 0,02
15	Gliserol total	%-massa	Maks.0,24
16	Kadar ester alkil	%-massa	Min. 96,5
17	Angka iodium	%-massa	Maks. 115

		(g-I <sub>2</sub> /100 g)	
18	Uji halpen		Negative

Sumber : (SNI 04-7182-2006)

Minyak jelantah juga memiliki kandungan trigliserida yang sangat tinggi. Trigliserida ini dapat diolah menjadi biodiesel melalui reaksi kimia trans estrifikasi. Pada prinsipnya, proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis dan dari reaksi ini akan dihasilkan metil ester/etil ester asam lemak dan gliserol :



Menurut Evy, Fatmir (2012) dari hasil penelitiannya sturktur senyawa yang dihasilkan dari biodiesel minyak jelanah adalah metil ester oleat, metil ester risinoleat, metil ester tridekanoat, dan metil ester arachidat. Dan kandungan terbesarnya adalah metil ester oleat dengan kandungan senyawa 51,29%.

### 2.3 Angka Iodin

Bilangan iodine (*iodine number*) mencerminkan ketidakjenuhan asam lemak penyusun minyak dan lemak. Asam lemak tak jenuh mampu mengikat iod dan membentuk senyawaan yang jenuh. Banyaknya iod yang diikat menunjukkan banyaknya ikatan rangkap. Lemak yang tidak jenuh dengan mudah dapat bersatu dengan iodium (dua atom iodium ditambahkan pada setiap ikatan rangkap dalam lemak). Semakin banyak iodium yang digunakan semakin tinggi derajat ketidakjenuhan. Biasanya semakin tinggi titik cair semakin rendah kadar asam lemak tidak jenuh dan demikian pula derajat ketidakjenuhan (bilangan iodium) dari lemak bersangkutan. Asam lemak jenuh biasanya padat dan asam lemak tidak jenuh adalah cair; karenanya semakin tinggi bilangan iodium semakin tidak jenuh dan semakin lunak lemak tersebut.

Bilangan iodine dinyatakan sebagai banyaknya gram iod yang diikat oleh 100 gram minyak atau lemak. Penentuan Bilangan iodium dapat dilakukan dengan cara Hanus atau cara Kaufmaun dan cara Von Hubl atau cara Wijs (Sudarmadji dkk, 1997). Pada cara Hanus, larutan iod standarnya dibuat dalam asam asetat pekat (glasial) yang berisi bukan saja iod tetapi juga iodium bromida. Adanya iodium bromida dapat mempercepat reaksi. Sedang cara Wijs menggunakan larutan iod dalam asam asetat pekat, tetapi mengandung iodium klorida sebagaipemicu reaksi (Winarno, 1997).

Adanya kandungan iodin pada biodiesel dari waste cooking oil sedikit menyebabkan terjadinya laju keausan pada komponen motor diesel sesuai dengan analisa. Peluruhan unsur logam yang cukup parah terjadi pada journal bearing. Terbentuknya carbon deposit pada komponen-komponen utama motor diesel salah satu diakibatkan oleh adanya kandungan angka iodin pada bahan bakar yang mudah teroksidasi dengan udara sekitar. Carbon deposit pada cylinder head sebesar 0,61 gram, piston sebesar 1,00 gram, exhaust valve sebesar 0,53 gram dan intake valve 0,17 gram. (Pramesti, 2013).

Menurut Nariati, (2016) Berdasarkan dari hasil analisa uji performa motor diesel, iodine number memiliki pengaruh terhadap performa motor diesel. Angka iodine mempengaruhi nilai SFOC. Pada putaran rendah, semakin tinggi angka iodine maka nilai SFOC akan semakin tinggi. Namun pada putaran tinggi, semakin tinggi angka iodine maka nilai SFOC akan semakin rendah.

## 2.4 Proses Pembakaran

Prinsip kerja motor diesel adalah merubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia di dapatkan melalui proses reaksi kimia pembakaran dari bahan bakar dan oksigen di dalam silinder ruang bakar. Proses pembakaran motor diesel dimulai dari bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar berbentuk butir-butir cairan yang halus. Karena udara pada ruang bakar bertemperatur tinggi, maka butir-butir bahan bakar tersebut akan menguap. Penguapan butiran bahan bakar tersebut dimulai pada bagian permukaan terluarnya, karena bagian ini merupakan bagian terpanas. Uap tersebut bercampur dengan udara sekitarnya. Begitu seterusnya selama motor diesel digunakan.

Menurut gusma, (2016) dalam penelitiannya *Maximum Pressure* dengan pembebanan yang sama dan RPM dinaikkan, maka tekanan akan semakin turun dan posisi derajat tekanan maksimal akan semakin jauh dari TMA. Hal ini berbeda dengan RPM yang sama dan pembebanan dinaikkan, maka tekanan akan semakin tinggi dan posisi derajat tekanan maksimal akan mendekati TMA. Pada perbandingan bahan bakar yang ditelitinya diantara ketiga bahan bakar tersebut paling dominan berada pada puncak tertinggi tekanan maksimalnya adalah bahan bakar Biodiesel CAO, Pertamina Dex dan Biodiesel CPO.

Pada mesin diesel ada tenggang waktu antara sejak dimulainya penginjeksian bahan bakar (periode injeksi) ke dalam silinder bakar mesin, kemudian terbentuk campuran udara+embun sampai terjadi titik api yang mula-mula atau periode pengapian. Tenggang waktu atau keterlambatan pengapian ini disebut *ignition delay*. *Ignition delay* adalah suatu parameter yang sangat berpengaruh terhadap awal sampai akhir proses pembakaran di dalam silinder bakar mesin.

Dalam proses pembakaran makin pendek *ignition delay* makin baik kualitas penyalanya. Kualitas ini ditunjukkan dengan angka setana atau *cetane number*. Mutu penyalan diukur dengan indeks yang disebut bilangan setana. Mesin diesel putaran tinggi saat ini memerlukan bilangan setana sekitar 50. Nilai dari bilangan setana sebagai karakteristik bahan bakar diesel dapat dikatakan serupa dengan bilangan oktan untuk bensin (Nur, 2007).

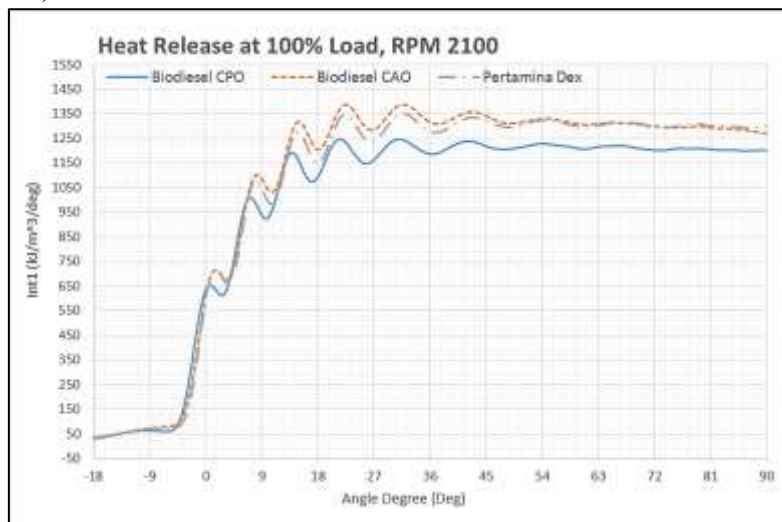
Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya *ignition delay period* dipengaruhi oleh properti bahan bakar. Sedangkan properti bahan bakar dipengaruhi secara kuat oleh besarnya persentase biodiesel pada campuran biodiesel. Kecenderungan yang didapat adalah bahwa penambahan persentase biodiesel pada campuran biodiesel akan menghasilkan pengurangan durasi *ignition delay* pada semua beban. Sedangkan perubahan beban sendiri tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap durasi *ignition delay*.

*Ignition delay* mesin diesel konvensional dapat diprediksi dengan menerapkan model perhitungan *syarat autoignition* Livengood-Wu, baik untuk mesin diesel

konvensional 100% (*single-fuel*) maupun untuk mesin diesel berbahan bakar ganda atau *dual-fuel* (Siagian, Silaban, 2013).

Pada motor diesel, umumnya saat injeksi yang normal adalah antara 20° sampai 16° sebelum titik mati atas. Jika saat injeksi lebih awal (menjauhi TMA) maka temperatur dan tekanan udara yang masuk menjadi lebih rendah sehingga waktu tunda lebih panjang. Sedangkan jika saat injeksi dimundurkan (mendekati TMA), temperatur dan tekanan udara yang masuk menjadi lebih tinggi sehingga ignition delay lebih pendek (Wahyudi, 2009).

Dalam proses pembakaran *Ignition delay* mempengaruhi *heat realese* seperti dalam gambar 2.1 yang menunjukkan perbandingan *heat release* antara biodiesel CPO, biodiesel CAO, dan Pertamina Dex. semakin tinggi baik RPM dan pembebanan maka akan semakin meningkat grafik *Heat Release*-nya, dapat diketahui bahwa *Heat Release* Biodiesel CAO yang tertinggi. Hal ini dikarenakan minyak umbi porang yang dihasilkan memiliki nilai karakteristik yang berbeda dengan Biodiesel CPO serta Pertamina Dex (gusma, 2016).



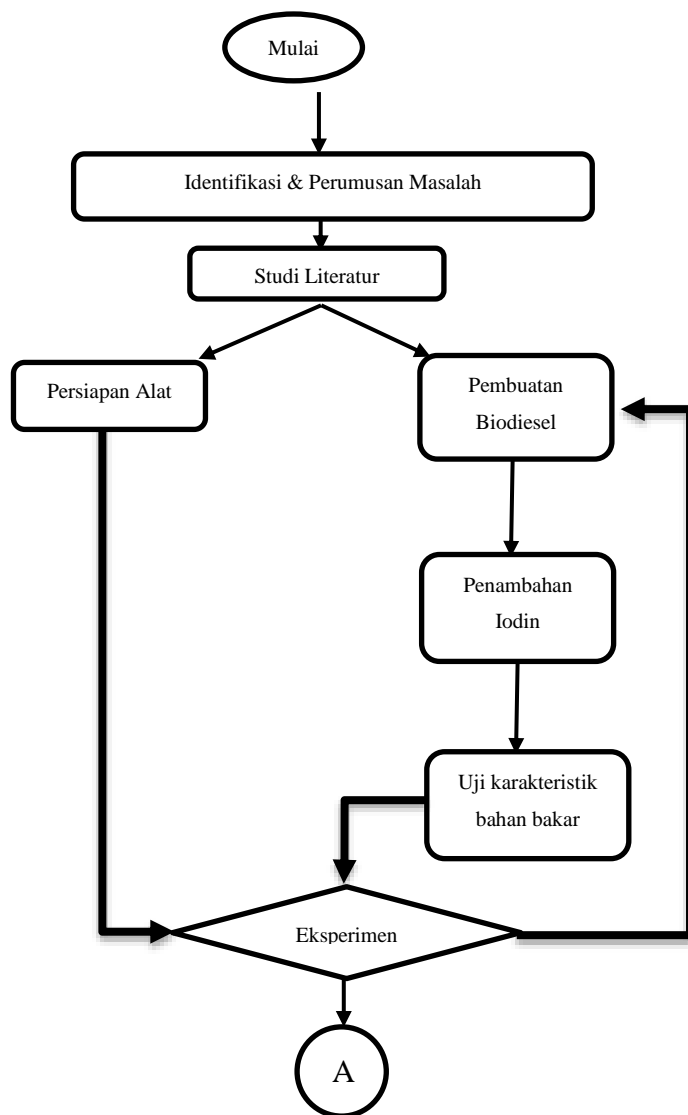
Gambar 2. 1 Analisa Perbandingan Heat Release BCPO; B CAO dan Pertamina Dex pada 100% Load; RPM 2100

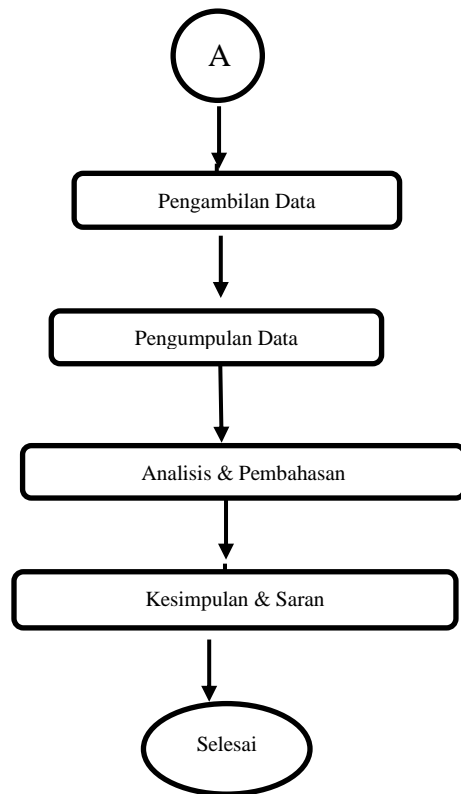
“Halaman Sengaja Dikosongkan”

### BAB III

## METODOLOGI

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini yaitu dengan metode eksperimen. Eksperimen terbagi menjadi 2 sub bagian yaitu pembuatan biodiesel minyak jelantah, dan eksperimen proses pembakaran motor diesel. Untuk menguji proses pembakaran dari motor diesel maka sebelumnya harus dilakukan *engine set up* terhadap motor diesel. Pengujian proses pembakaran akan dilakukan dengan menggunakan *combustion analyzer*. Detail eksperimen dapat dilihat pada diagram alur 3.1





Gambar 3.1. Metodologi Penelitian



### 3.1 Identifikasi & Perumusan Masalah

Pengidentifikasian masalah pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan iodin pada proses pembakaran motor diesel yang berbahan bakar biodiesel (*waste cooking oil*) ditinjau dari hasil proses pembakaran meliputi *Ignition delay*, *heat release*, dan *max pressure* yang terjadi dalam motor dengan menggunakan *combustion analyzer*.

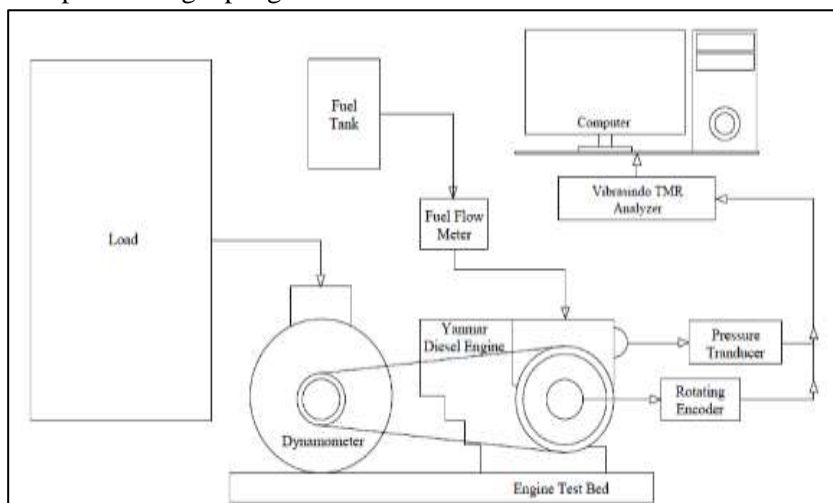
### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang dapat menunjang dalam penyelesaian permasalahan yang ada. Studi literatur didapatkan dari beberapa sumber seperti buku, jurnal, tugas akhir, dan informasi di internet. Pada penelitian ini, studi literatur mengacu pada kandungan iodin pada biodiesel serta pada proses pembakaran pada motor diesel.

### 3.3 Persiapan Alat

Pada tahap ini dilakukan persiapan perlengkapan sebelum dilaksanakannya eksperimen analisis proses pembakaran biodiesel. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen ini adalah sebagai berikut :

- Bahan bakar pertamina dex
- Biodiesel *waste cooking oil* (WCO) dengan variasi penambahan iodin
- Mesin Diesel Yanmar TF85-MH
- Hardware Vibrasindo TMR-Card Board & TMR-Crankangle-CPU
- Software SYSMONSoft v2.0.3 sebagai data akuisisi, proses dan analisis
- Komputer sebagai pengolahan data



Gambar 3. 1 perencanaan *engine setup*

### 3.4 Permbuatan Biodiesel

Pada pembuatan biodiesel diperlukan alat-alat seperti kompor, *thermometer*, gelas ukur, gelas kaca, dan blender. Sementara untuk bahan bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah minyak lemak, aquades, KOH, dan methanol. Bahan baku yang dipakai pada pembuatan biodiesel ini yaitu minyak goreng dengan brand yang sama dan telah digunakan untuk menggoreng sebanyak lebih dari 3 kali.

Proses pembuatan biodiesel yang pertama ialah memanaskan minyak jelantah. Minyak dipanaskan hingga suhu 55 °C dan diaduk secara terus menerus untuk memastikan panasnya merata.



Gambar 3. 2 Proses Pemanasan

Selanjutnya menambahkan metoksid dengan mencampur methanol dan KOH. Pada suhu tersebut larutan gliserin akan terpisah dari biodiesel



Gambar 3. 3 proses pembuatan metoksid

Proses selanjutnya yaitu proses transesterifikasi atau terpisahnya gliserin dari biodiesel. Pemisahan gliserin diawali dengan proses *mixing*, diaduk atau diblender dengan kecepatan rendah.



Gambar 3. 4 proses *mixing* dan transesterifikasi

Dilanjutkan dengan proses berikutnya yaitu *settling*. *Settling* sendiri adalah proses pengendapan yang dimana nantinya gliserin akan turun mengendap kebawah dan biodiesel berada diatas.



Gambar 3. 5 proses *settling* dan transesterifikasi

Lalu hasil biodiesel tadi akan dilakukan poses pencucian dan pengeringan. Proses pencucian dan pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan metoksid dan sisa aquades.



Gambar 3. 6 proses pencucian

Setelah itu minyak jelantah kembali dipanaskan hingga suhu 100 °C untuk menghilangkan sisa-sisa air yang masih terkandung dalam minyak jelantah. Bila sudah dipanaskan biodiesel minyak jelantah sudah dapat digunakan untuk bahan bakar untuk

proses pengujian ini. Dalam pengujian minyak jelantah akan dilakukan pencampuran dengan Pertamina Dex dengan prosentase minyak jelantah 20% dan Pertamina Dex 80%. Serta pencampuran 30% minyak jelantah dan 70% Pertamina Dex.

### 3.5 Penambahan Iodin

Iodin yang akan digunakan adalah *iodine resublimed*. *Iodine resublimed* ialah iodin yang berbentuk kristal. *Iodine resublimed* biasa digunakan di dunia medis untuk bakterisida, disinfeksi, deodoran, analgesik, dll. Dalam industri pertanian merupakan salah satu bahan baku penting untuk membuat pestisida dan digunakan sebagai fungisida, seperti 4-4 iodophenyl-asam acetic. Kemudian dalam industri pewarna digunakan dalam sintesis bahan pewarna organik.



Gambar 3. 7 *iodine resublimed*

Penambahan iodin dilakukan pada biodiesel minyak jelantah (*waste cooking oil*) bertujuan agar mendapatkan angka iodin yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini terdapat 3 variasi penambahan iodin, yaitu 0 gr/liter, 10 gr/liter dan 20 gr/liter., berikut adalah prosentasenya:

- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 1 (0 gram/liter iodin) dengan prosentase 80% Pertamina Dex dengan 20% biodiesel (B20)
- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 2 (10 gram/liter iodin) dengan prosentase 80% Pertamina Dex dengan 20% biodiesel (B20A)
- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 3 (20 gram/liter iodin) dengan prosentase 80% Pertamina Dex dengan 20% biodiesel (B20B)
- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 1 (0 gram/liter iodin) dengan prosentase 70% Pertamina Dex dengan 30% biodiesel (B30)
- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 2 (10 gram/liter iodin) dengan prosentase 70% Pertamina Dex dengan 30% biodiesel (B30A)

- Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel dari *waste cooking oil* variasi 2 (20 gram/liter iodine) dengan persentase 70% Pertamina Dex dengan 30% biodiesel (B30B)



Gambar 3. 8 hasil campuran B20 dengan 10 dan 20 gr/ltr iodine

Gambar 3. 9 hasil campuran B20 dengan 10 dan 20 gr/ltr iodine

### 3.5.1 Iodine number

*Iodine number* atau angka iodin merupakan suatu besaran untuk mengukur derajat ketidakjenuhan dalam asam lemak. Ini dinyatakan dengan jumlah gram iodin yang diserap oleh 100 g lemak. Bilangan iodin tergantung pada jumlah asam lemak tidak jenuh dalam minyak.

Berikut merupakan hasil dari analisa *iodine number* dari biodiesel minyak jelantah dengan variasi penambahan zat *iodine resublimed*.

Tabel 2 Hasil analisa *iodine number*

Kode contoh	Hasil analisa	Metode analisa
	Iodine number (g/kg)	
Biodiesel WCO	63,47	Titrimetri
Biodiesel WCO + iodine 10 gr/liter	94,91	Titrimetri
Biodiesel WCO + iodine 20 gr/liter	126,32	Titrimetri

Metode analisa titrimetri merupakan suatu cara analisis yang berdasarkan pengukuran volume larutan yang diketahui konsentrasinya secara teliti (titran/penitar/larutan baku) yang direaksikan dengan larutan sampel yang akan ditetapkan kadarnya. Hasil analisa angka iodin akan dipengaruhi oleh proses daripada analisa itu sendiri. Karena dalam proses terdapat penambahan unsur halogen (larutan KI) yang dapat memutus ikatan rangkap pada lemak tak jenuh.

Berdasarkan hasil analisa *iodine number* diatas, dapat dilihat *iodine number* dari biodiesel *waste cooking oil* telah memenuhi SNI Biodiesel. Untuk variasi penambahan iodin sebanyak 10 gr/liter dan 20 gr/liter juga memenuhi SNI Biodiesel.

### 3.5.2 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Pada motor diesel viskositas berpengaruh pada kemudahan bahan bakar untuk mengalirkan di dalam saluran bahan bakar, pompa, dan injektor. Semakin rendah viskositas bahan bakar, maka semakin mudah bahan bakar tersebut mengalir.

### 3.5.3 Densitas

Massa jenis (*density*) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat (kg) per satuan volume ( $m^3$ ) bahan bakar. Berat jenis dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur temperature dan tekanan yang dialami oleh bahan bakar biodiesel. Semakin tinggi tekanan yang dialami bahan bakar biodiesel maka berat jenisnya semakin tinggi. Sedangkan semakin tinggi temperatur yang dialami bahan bakar biodiesel maka berat jenisnya semakin menurun.

### 3.5.4 Titik nyala (flash point)

Titik nyala adalah temperatur terendah suatu bahan bakar yang pada saat dipanaskan, maka uap yang bercampur dengan udara dari hasil pemanasan tersebut akan menyala bila diberikan kompresi yang tinggi. Titik nyala pada standard biodiesel memiliki batas nilai minimal  $100^{\circ}C$ .

## 3.6 Eksperimen

Melakukan eksperimen untuk mendapatkan hasil data yang diinginkan. Tahap ini dilakukan setelah semua tahap-tahap sebelumnya selesai dikerjakan. Pada eksperimen ini menggunakan motor diesel *Yanmar TF85-MH* yang berada di Laboratorium Power Plant FTK ITS serta mesin analisis proses pembakaran yaitu *Vibrasindo TMR-Card Board* dan *TMR-Crankangle-CPU*.

## 3.7 Pengambilan Data

Dalam tahap ini akan dilakukan pengambilan data yang diperlukan. Dalam pengambilan data yang diperlukan terdapat beberapa variable yaitu variable tetap, dan variable berubah. Untuk variable tetap yaitu bahan bakar campuran iodin variasi 1 dengan B20, bahan bakar campuran iodin variasi 2 dengan B20, bahan bakar campuran iodin variasi 3 dengan B20, bahan bakar campuran iodin variasi 1 dengan B30, bahan bakar campuran iodin variasi 2 dengan B30, bahan bakar campuran iodin variasi 3 dengan B30. Untuk variable berubah yaitu pertama variable putaran, variable putaran yang digunakan adalah pada RPM 1900, 2000, 2100, dan 2200. Untuk variable berubah lainnya adalah variable pembebanan. Pembebanan yang digunakan ada pada beban 1000 watt, 2000 watt, 3000 watt, 4000 watt, dan 5000 watt. Sedangkan untuk hasil yang akan didapatkan yaitu *Ignition Delay*, *Heat Release*, *knocking* dan *Maximum Pressure*.

### **3.8 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data diperoleh dari hasil eksperimen yang sudah dilakukan, dari tahap pra eksperimen hingga tahap eksperimen. Hasil yang diperoleh merupakan data Pengumpulan data diperoleh setelah melakukan eksperimen analisis proses pembakaran. Hasilnya diperoleh beberapa data dari biodiesel minyak jelantah (*waste cooking oil*). Adapun datanya adalah Data *Maximum Pressure*, *knocking*, dan *Heat Release* pada motor diesel berbahan bakar biodiesel *waste cooking oil*.

### **3.9 Analisa & Pembahasan**

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah pada perbandingan proses pembakaran motor diesel yang meliputi *Maximum Pressure*, *Heat Release*, *Ignition Delay*, dan *knocking* pada proses pembakaran motor diesel berbahan bakar biodiesel minyak jelantah (*waste cooking oil*) dengan penambahan iodine serta petamina dex.

### **3.10 Kesimpulan & Saran**

Setelah semua yang dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan tugas akhir supaya lebih sempurna.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

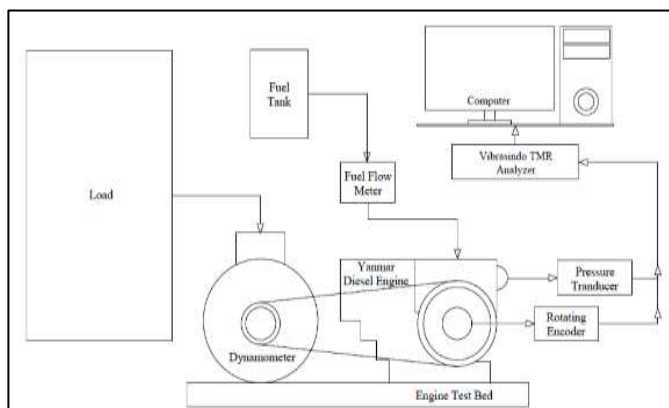


## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Persiapan dan *Setup* Alat

Sebelum memulai pengambilan data perlu dilakukan *setup hardware* dan *software* untuk menganalisis proses pembakaran. Pengambilan data menggunakan Vibrasindo TMR-Card Board & TMR-Crankangle-Encoder dengan *Software* SYSMONSoft v2.0.3 sebagai data akuisisi, proses dan analisis. *Engine Setup* dilakukan seperti pada Gambar 4.1(a). Pemasangan *Pressure Tranducer* terdapat pada gambar 4.1(b), *Crankangle Encoder* pada gambar 4.1(c) dan TMR-Cardboard pada gambar 4.1(d).



Gambar 4.1 (a) Setup Engine Layout



Gambar 4.1 (b) *Presseure Tranducer*



Gambar 4.1 (c) Cranckangle-Encoder



Gambar 4.1 (d) TMR-Cardboard

## 4.2 Analisis Uji Properties

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah minyak jelantah lebih dari 3 kali penggorengan. Minyak jelantah ini melalui proses transesterifikasi dengan katalis KOH dan *methanol*. Setelah didapatkan biodiesel minyak jelantah, kemudian untuk mengetahui kualitasnya maka dilakukan pengujian *properties*. Pada penelitian ini pengujian *properties* dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

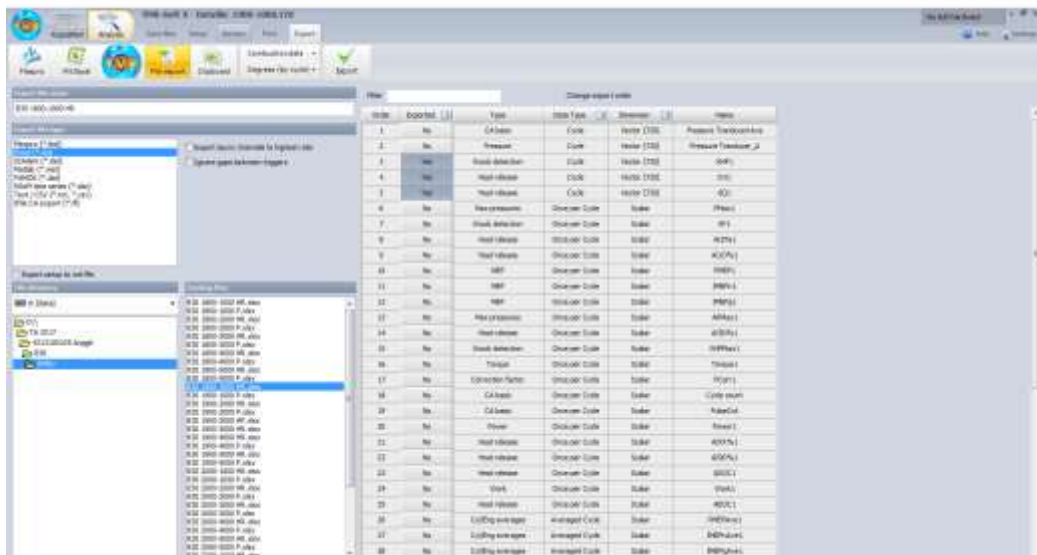
Tabel 3 Hasil uji properties biodiesel

No	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Densitas pada 15°C	890	kg/m <sup>3</sup>
2.	Viskositas pada 40°C	7.17	mm <sup>2</sup> /s (Cst)
3.	Flash point	183	°C
4.	Pour point	9	°C

Dari hasil pengujian properties viskositas pada bahan bakar perlu di turunkan karena belum memenuhi standar nasional Indonesia.

## 4.3 Analisis Hasil Proses Pembakaran

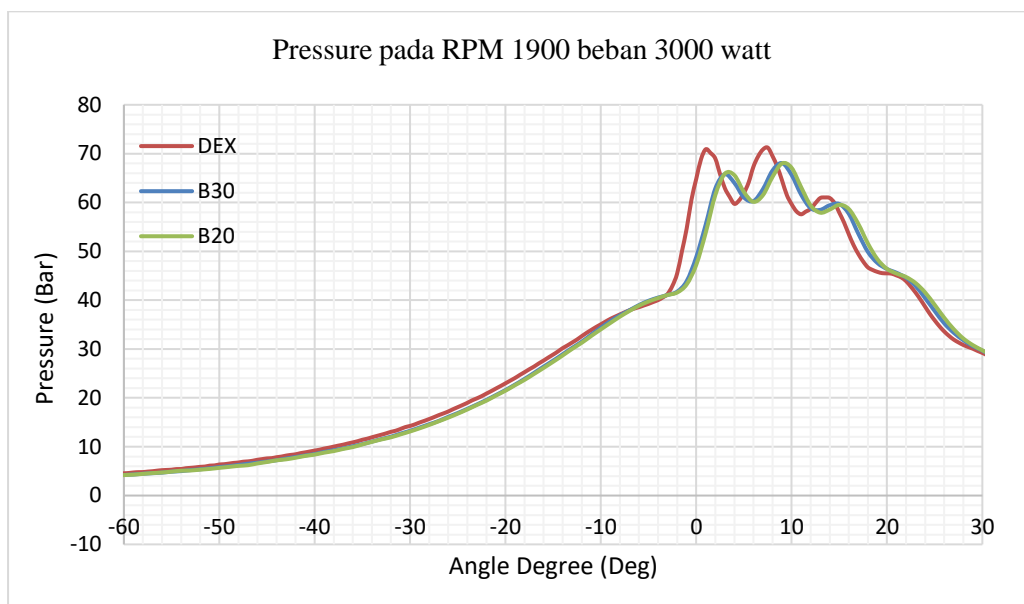
Hasil analisis proses pembakaran yaitu berupa grafik yang terletak dalam “*Analysis di Main Bar*” yang dapat diekspor menjadi angka (excel). Dalam proses ekspor dibagi menjadi 2 versi yaitu data berupa skalar dan data berupa vector.



Gambar 4. 2 contoh pengolahan data (ekspor data ke data vector)

#### 4.3.1 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (*Maximum Pressure*)

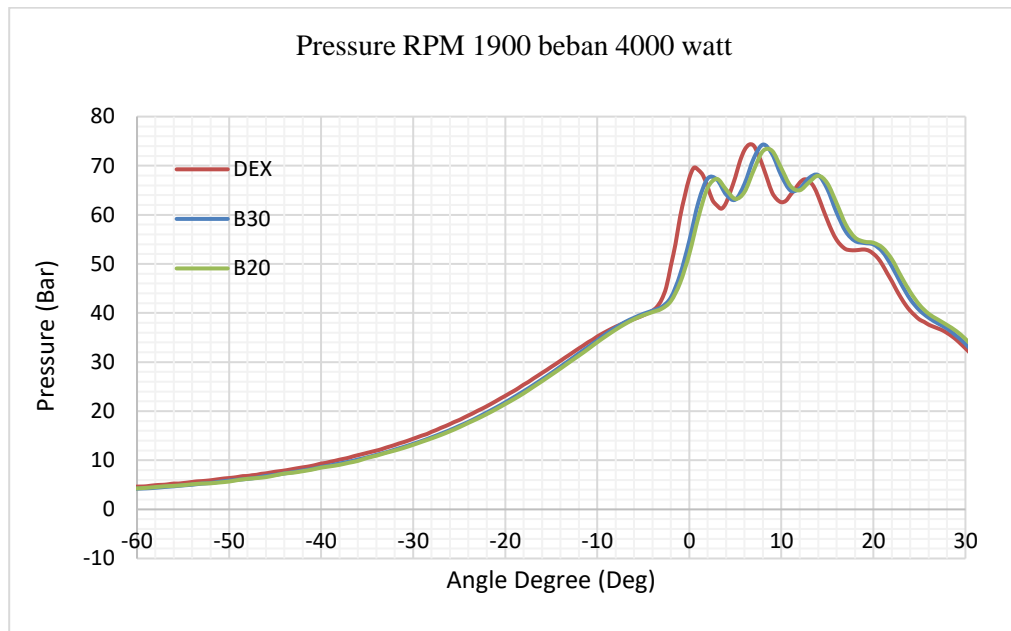
##### 4.3.1.1 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.



Grafik 4. 1 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt

Grafik 4.1 menunjukkan grafik antara tekanan (*pressure*) maksimal dan sudut putaran (*angle degree*) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 3000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 70,8 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan nilai 68 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 66,5 bar. Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel lebih kecil bila dibandingkan dengan Pertamina Dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

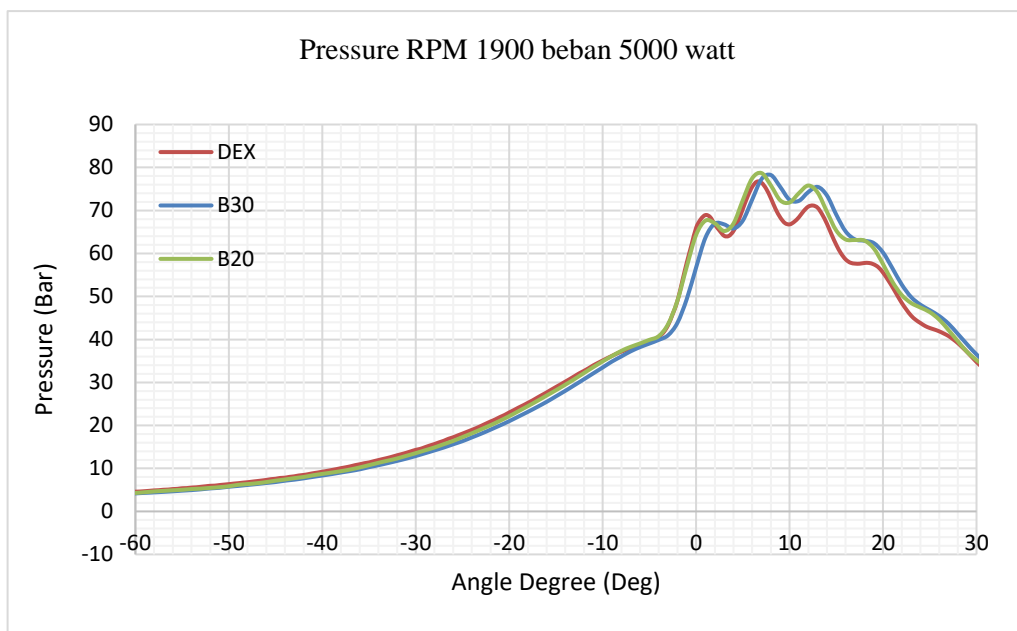
#### 4.3.1.2 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.



Grafik 4. 2Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt

Grafik 4.2 menunjukkan grafik antara tekanan (*pressure*) maksimal dan sudut putaran (*angle degree*) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 4000 watt adalah Pertamina Dex dengan dengan nilai 74,2 bar, Biodiesel 30% kemudian nilai 73,2 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 72,9 bar. Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel lebih kecil bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar . Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.3 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.

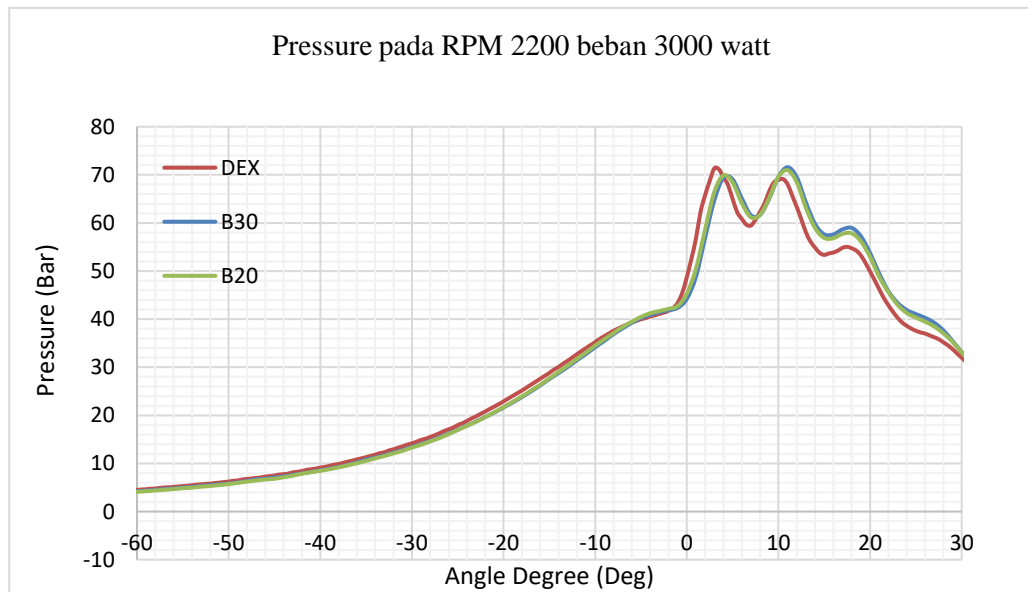


Grafik 4. 3Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt

Grafik 4.3 menunjukkan grafik antara tekanan (pressure) maksimal dan sudut putaran (angle degree) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 20% dengan nilai 78,6 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan nilai 77,4 bar dan Pertamina Dex dengan nilai 75,8 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan trend tekanan dari biodiesel dan pertamina dex semakin menurun, dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.4 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.

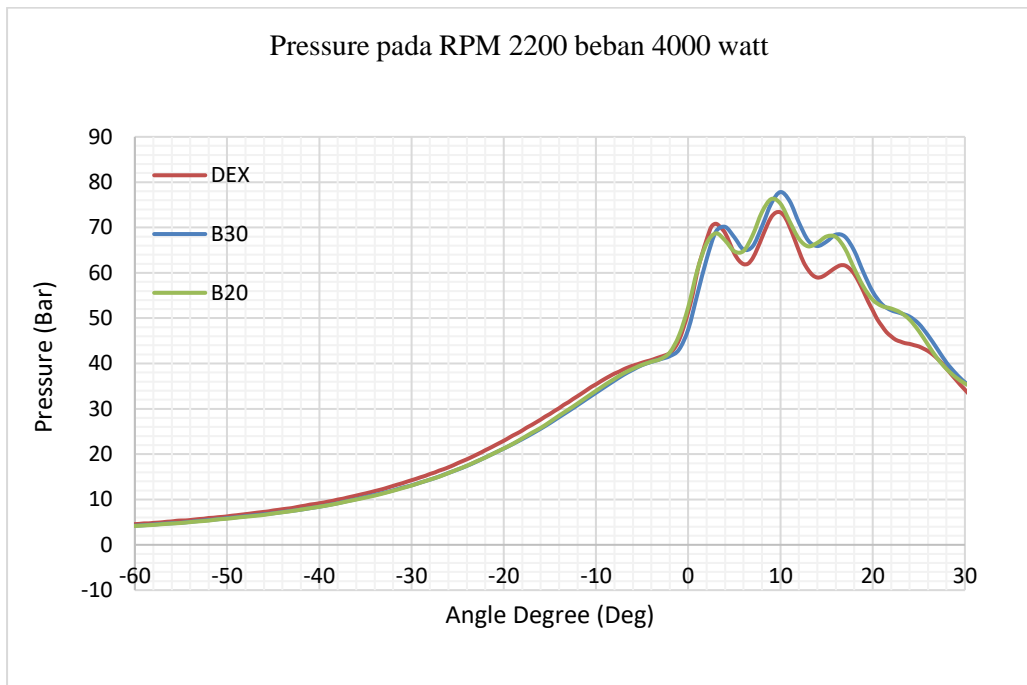


Grafik 4. 4Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt

Grafik 4.4 menunjukkan grafik antara tekanan (pressure) maksimal dan sudut putaran (angle degree) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 3000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 71,3 bar kemudian Biodiesel 30% dengan nilai 70,9 bar, dan bar Biodiesel 20% dengan nilai 70,6 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan trend tekanan dari biodiesel dan Pertamina Dex semakin menurun, dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.5 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.

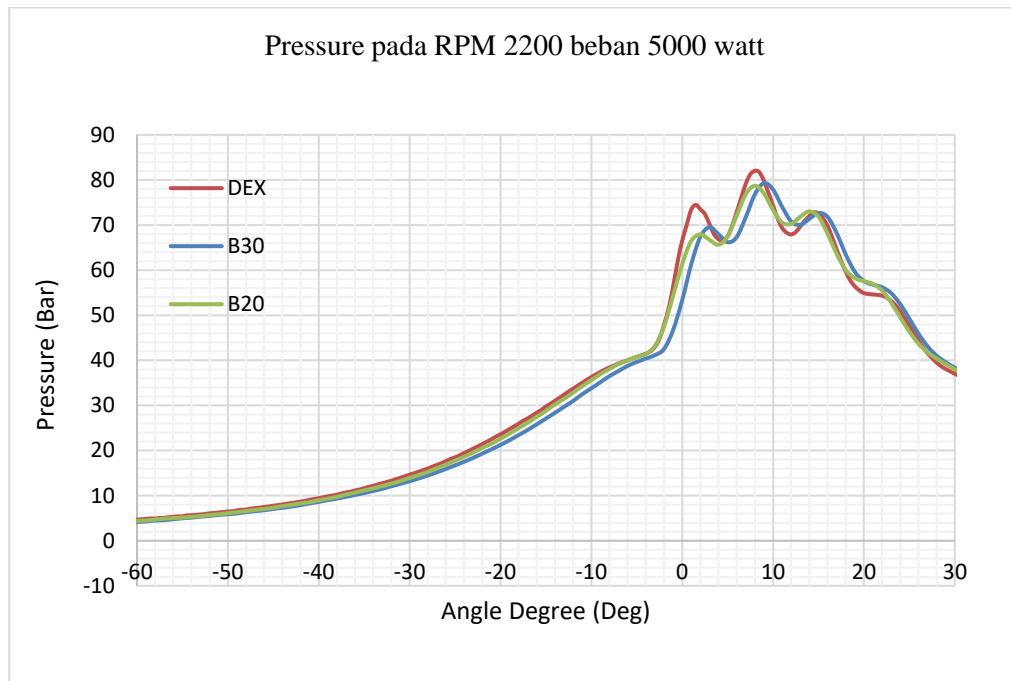


Grafik 4. 5Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt

Grafik 4.5 menunjukkan grafik antara tekanan (*pressure*) maksimal dan sudut putaran (*angle degree*) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan nilai 77,8 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan nilai 75,2 bar dan Pertamina Dex dengan nilai 71,5 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan pertamina dex dari lebih kecil bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.6 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.



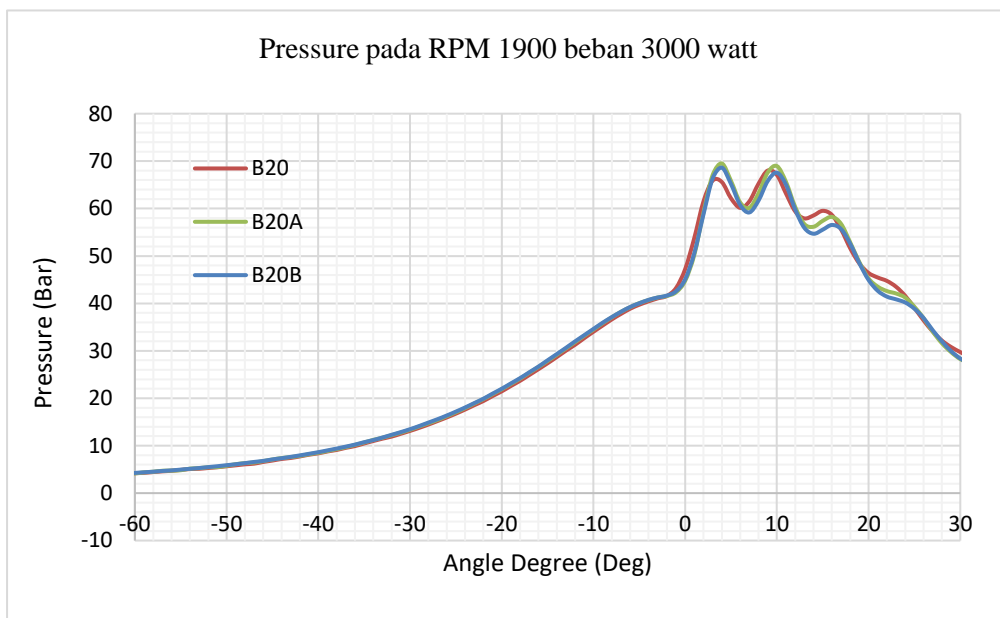
Grafik 4. 6 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt

Grafik 4.6 menunjukkan grafik antara tekanan (pressure) maksimal dan sudut putaran (angle degree) dari bahan bakar biodiesel sebesar 30% (B30) dan biodiesel sebesar 20% (B20). Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 5000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 82 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan nilai 78,8 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 77,8 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan pertamina dex dari lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.



#### 4.3.1.7 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

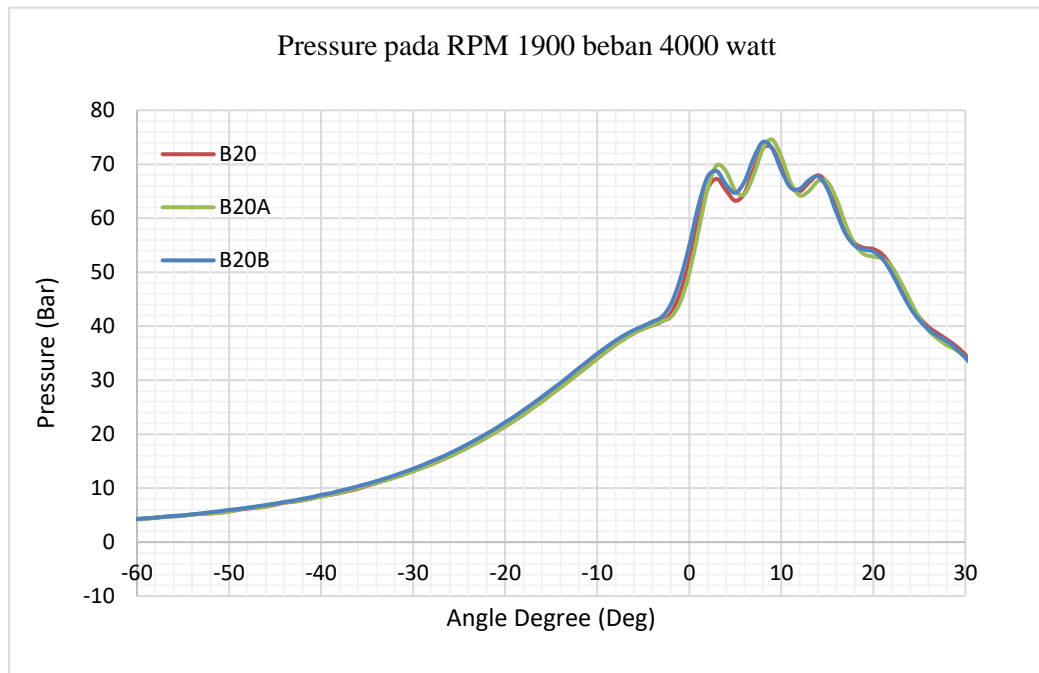


Grafik 4. 7Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 3000 watt

Grafik 4.7 menunjukkan grafik antara tekanan (*pressure*) maksimal dan sudut putaran (*angle degree*) dari bahan bakar dari biodiesel sebesar 20% (B20) dan biodiesel 20% yang telah divariasikan melalui penambahan iodin. Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 3000 watt adalah, kemudian Biodiesel 20% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 69,5 bar Biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 68,6 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 68 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel dan biodiesel dengan penambahan iodin, dalam grafik tersebut dengan adanya penambahan iodin tekanan semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.8 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.

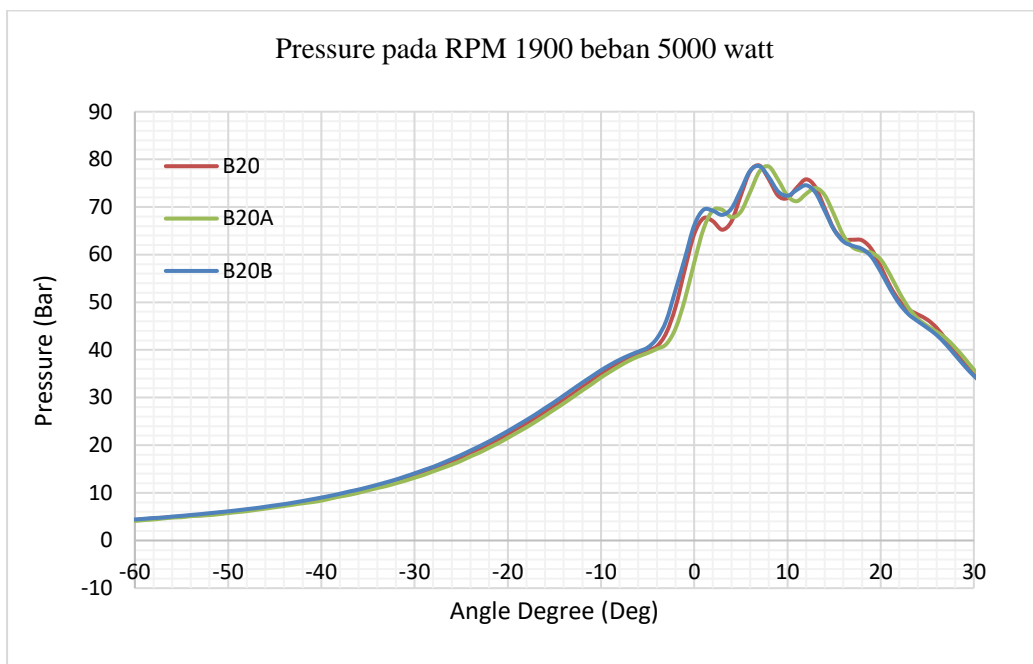


Grafik 4. 8Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 4000 watt.

Grafik diatas menunjukkan grafik antara tekanan (pressure) maksimal dan sudut putaran (angle degree) dari bahan bakar dari biodiesel sebesar 20% (B20) dan biodiesel 20% yang telah divariasikan melalui penambahan iodin. Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 20% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 73 bar , kemudian Biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 72,9 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 72,9 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel dan bidiesel dengan penambahan iodin, dalam grafik tersebut dengan adanya penambahan iodin tekanan semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar

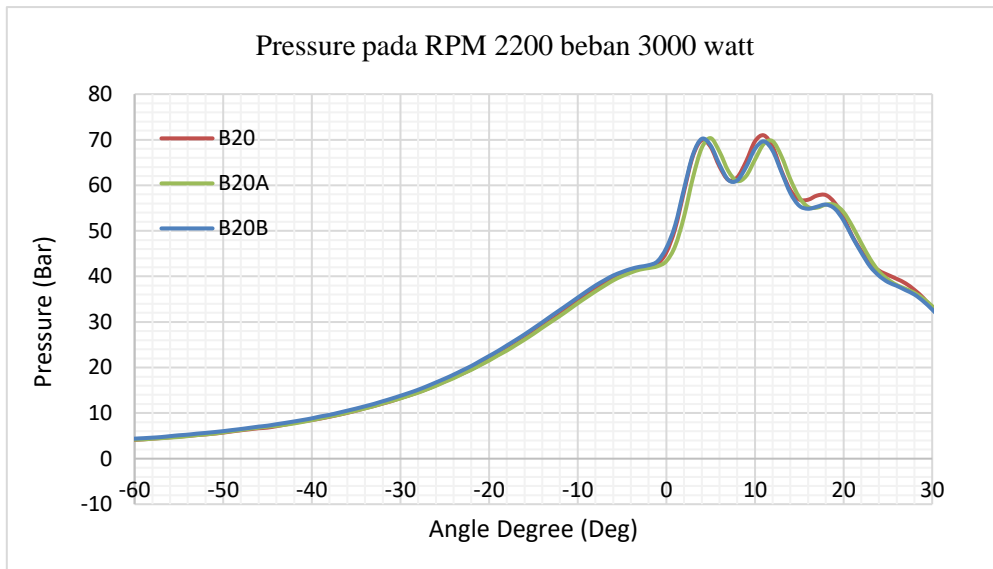
#### 4.3.1.9 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada 80% RPM 1900; beban 5000 watt.



Grafik 4. 9Analisa Perbandingan Max. Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 1900; 5000 watt

Grafik 4.9 menunjukkan grafik antara tekanan (pressure) maksimal dan sudut putaran (angle degree) dari bahan bakar dari biodiesel sebesar 20% (B20) dan biodiesel 20% yang telah divariasikan melalui penambahan iodin. Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 20% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 78,7 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan nilai 78,6 bar dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 76,1 bar.

#### 4.3.1.10 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.

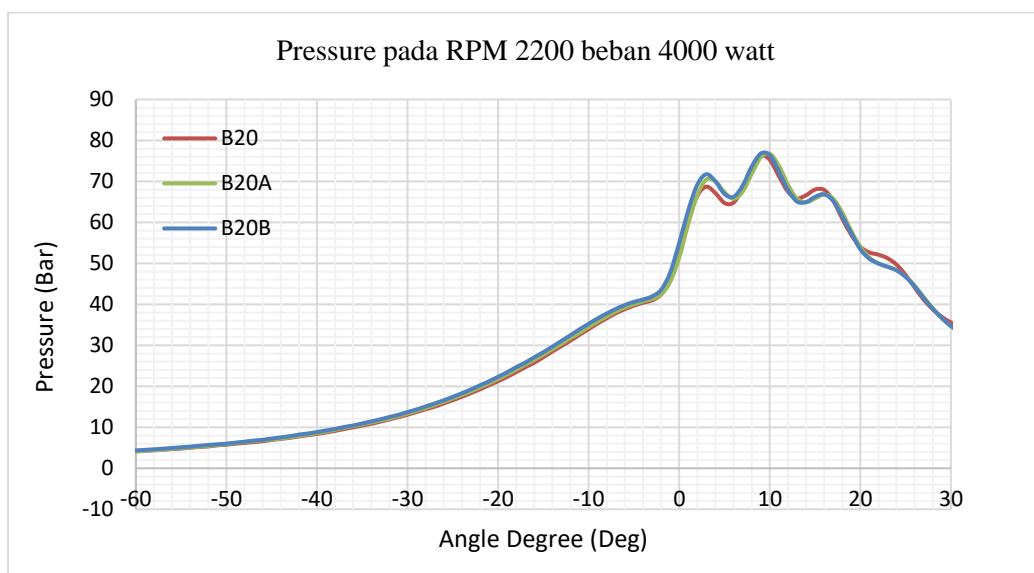


Grafik 4. 10 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt

Grafik 4.10 menunjukkan grafik antara tekanan (*pressure*) maksimal dan sudut putaran (*angle degree*) dari bahan bakar dari biodiesel sebesar 20% (B20) dan biodiesel 20% yang telah divariasikan melalui penambahan iodin. Dari grafik tersebut yang memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 20% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 70,8 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 70,6 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 70,6 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel lebih kecil bila dibandingkan dengan *pertamina dex*. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.1.11 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.

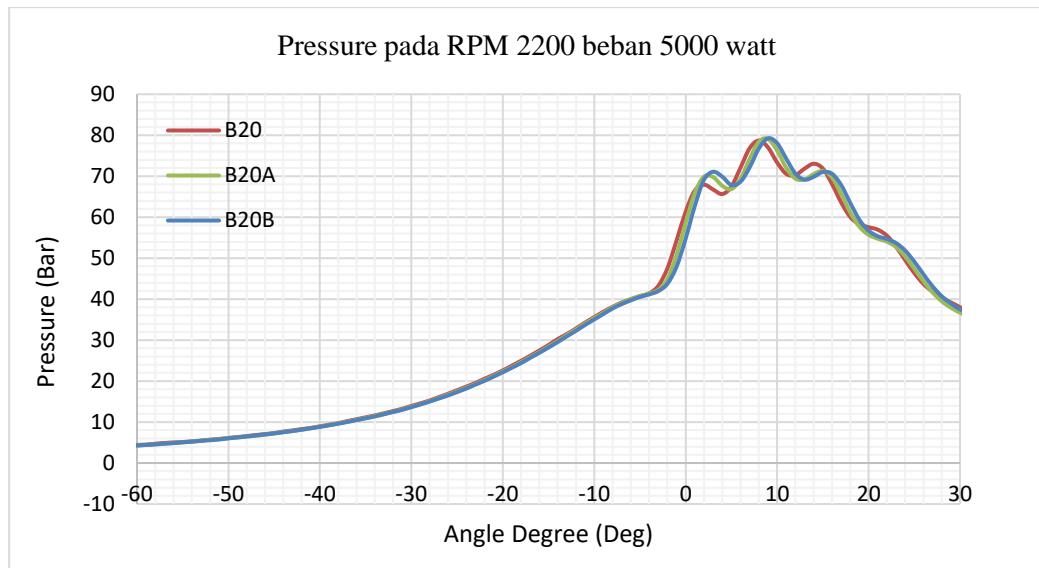


Grafik 4. 11Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt

Grafik diatas menunjukkan grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 20% dan biodiesel 20% yang divariasikan melalui penambahan iodine. Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 20% dengan penambahan iodine sebesar 20 gram/liter dengan nilai 76,6 bar, kemudian Biodiesel 20% penambahan iodine sebesar 10 gram/liter dengan nilai 76,6 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 75,2 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel lebih kecil bila dibandingkan dengan biodiesel dengan penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin tinggi tekanan maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

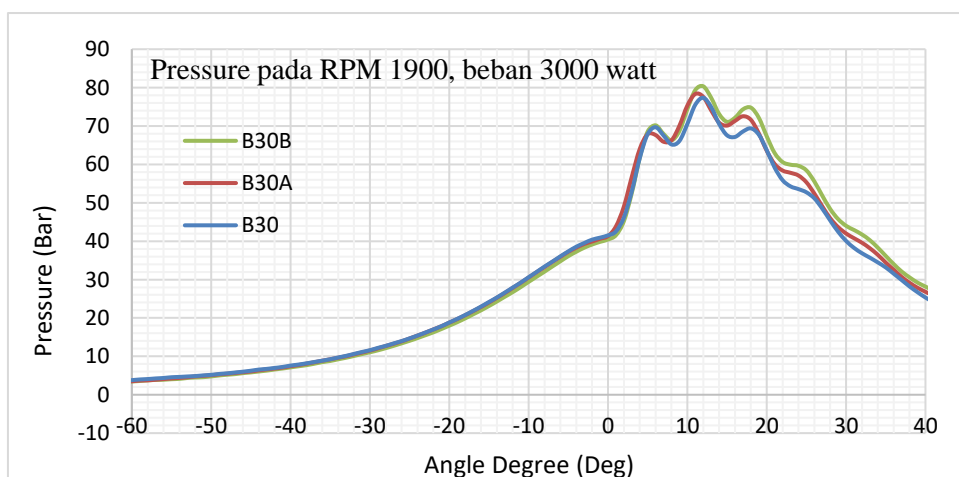
#### 4.3.1.12 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



Grafik 4. 12Analisa Perbandingan Pressure B20, B20A, dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt

Grafik 4.12 menunjukkan grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 20% dan biodiesel 20% yang divariasikan melalui penambahan iodine. Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 20% dengan penambahan iodine sebesar 20 gram/liter dengan nilai 79,3 bar, kemudian Biodiesel 20% penambahan iodine sebesar 10 gram/liter dengan nilai 79,2 bar dan Biodiesel 20% dengan nilai 77,8 bar.

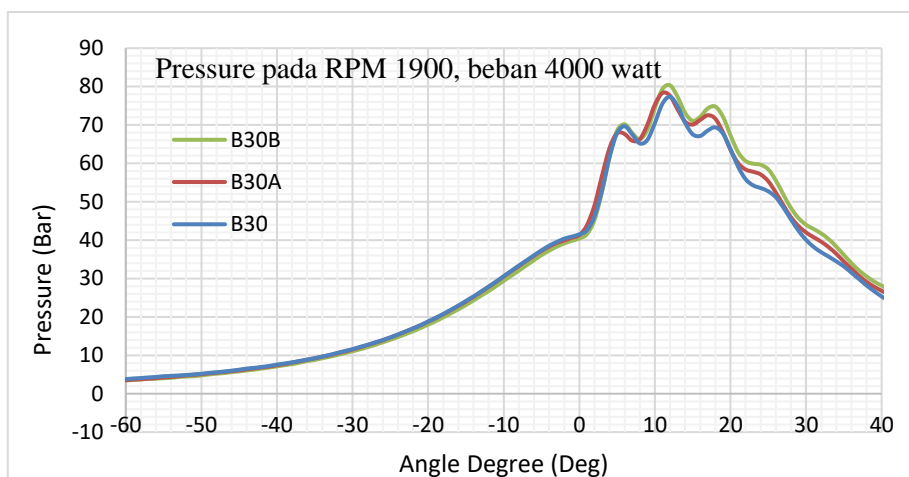
#### 4.3.1.13 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.



Grafik 4. 13 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt

Grafik 4.13 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 79,7 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 76,6 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 66,5 bar.

#### 4.3.1.14 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.

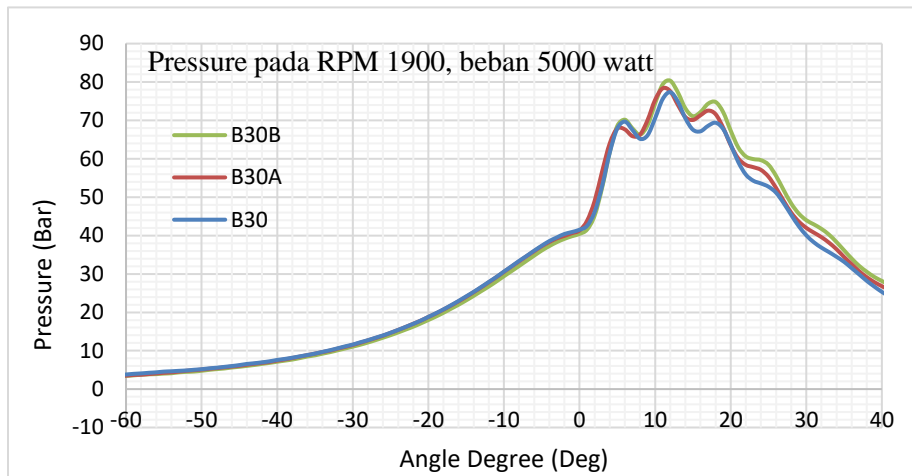


Grafik 4. 14 Analisa Perbandingan Max. Pressure B30, B30A, dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt

Grafik 4.14 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 79,7 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 76,6 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 66,3 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan tekanan dari biodiesel dan biodiesel dengan penambahan iodin, dalam grafik tersebut dengan adanya penambahan iodin tekanan semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar

#### 4.3.1.15 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



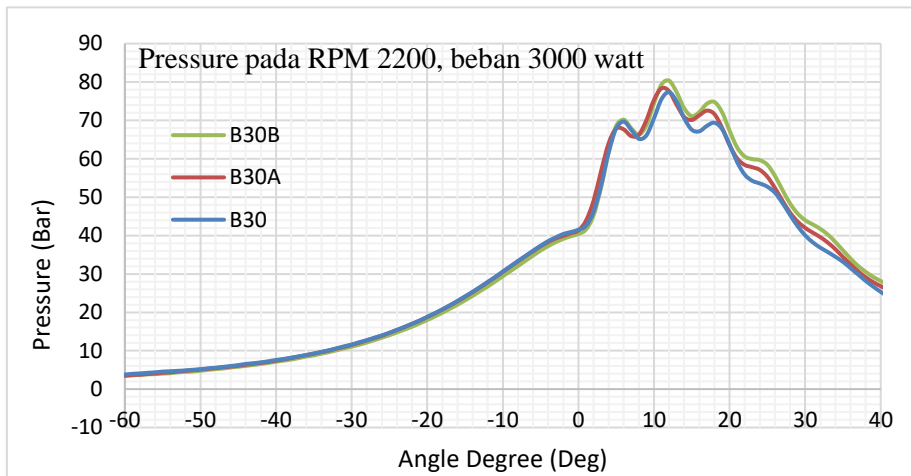
Grafik 4. 15 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30, B30A, dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt

Grafik 4.15 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 81,2 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 77,6 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 76,3 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan trend tekanan dari biodiesel dan bidiesel dengan penambahan iodin tekanan akan semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar



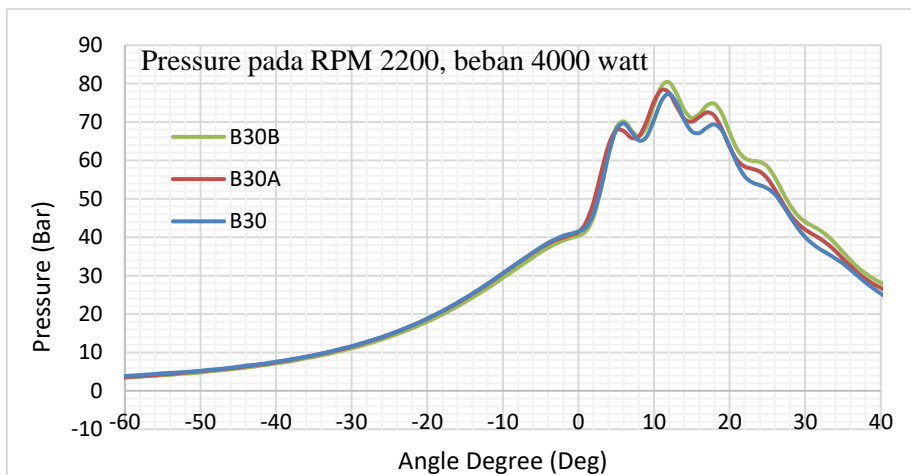
#### 4.3.1.16 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



Grafik 4. 16Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt

Grafik 4.16 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 79,7 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 76,6 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 76,3 bar.

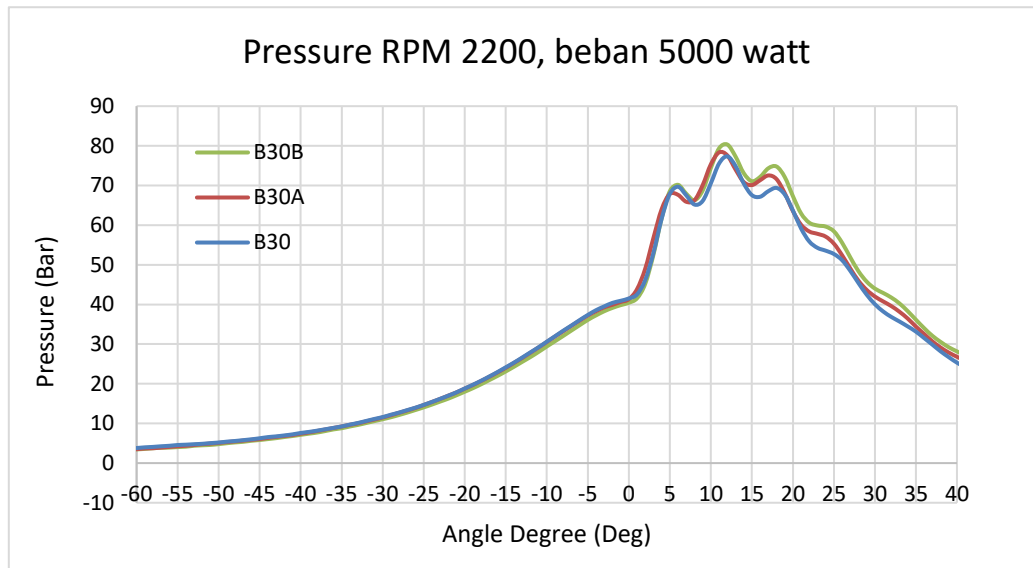
#### 4.3.1.17 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



Grafik 4. 17Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt

Grafik4.17 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 79,7 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 76,6 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 76,3 bar.

#### 4.3.1.18 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



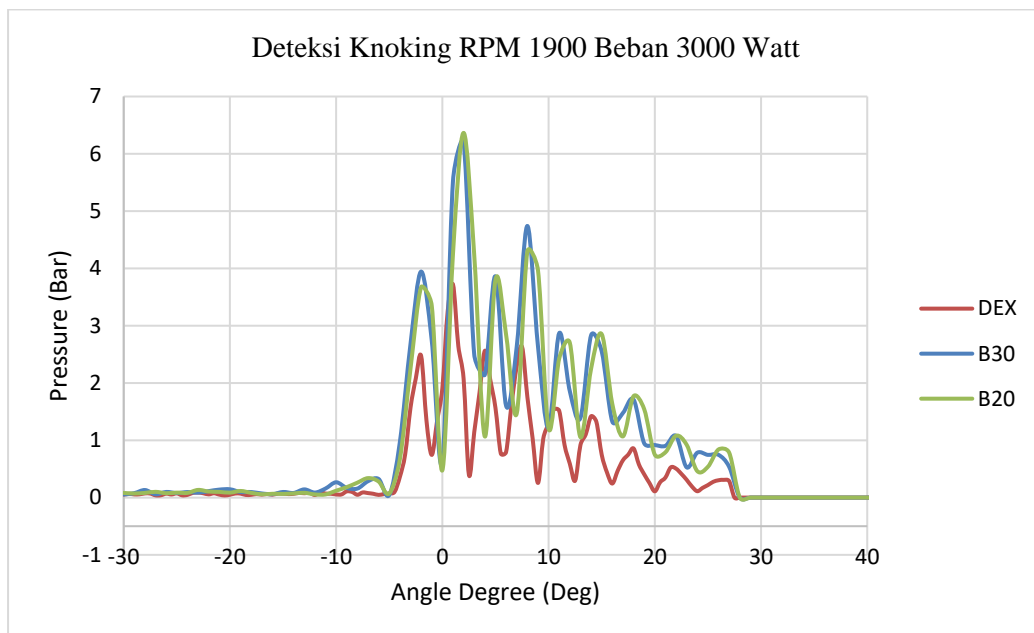
Grafik 4. 18 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30, B30A, dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt

Grafik 4.18 menunjukkan bahwa grafik tekanan maksimal dari biodiesel sebesar 30% yang divariasikan melalui penambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai tekanan tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin sebesar 20 gram/liter dengan nilai 80,1 bar, kemudian Biodiesel 30% penambahan iodin sebesar 10 gram/liter dengan nilai 79,8 bar dan Biodiesel 30% dengan nilai 79,6 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan trend tekanan dari biodiesel dan pertamina dex semakin menurun, dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin rendah tekanan maka akan semakin cepat pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar.

#### 4.3.2 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (*Knocking Detection*)

##### 4.3.2.1 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.

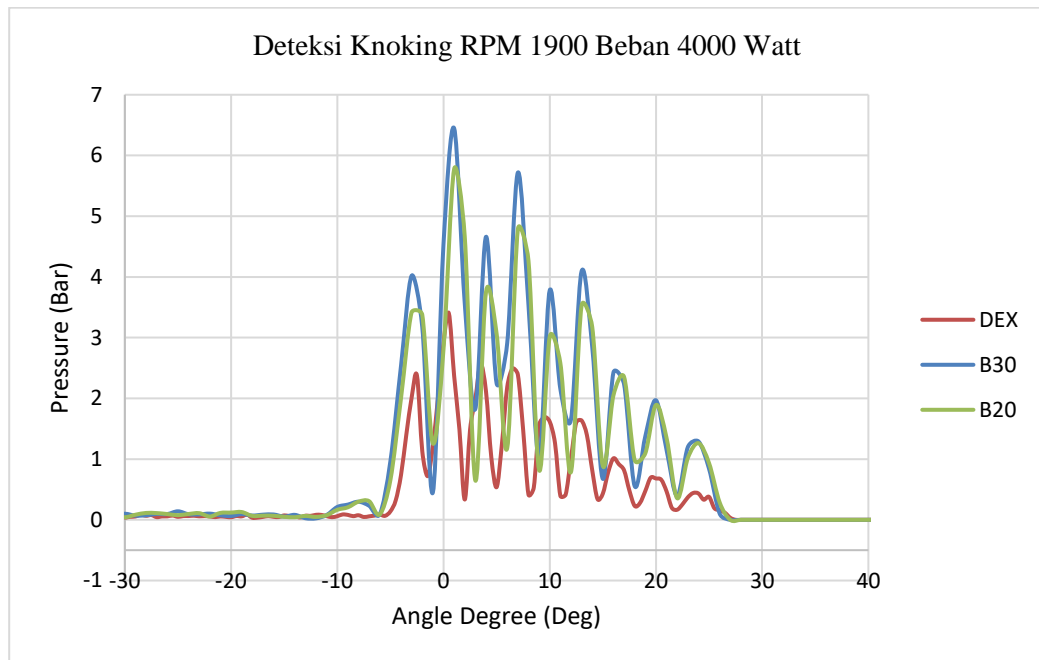


Grafik 4. 19 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900,beban 3000 watt

Grafik 4.19 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 6,2 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 3,2 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun a *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.2 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.

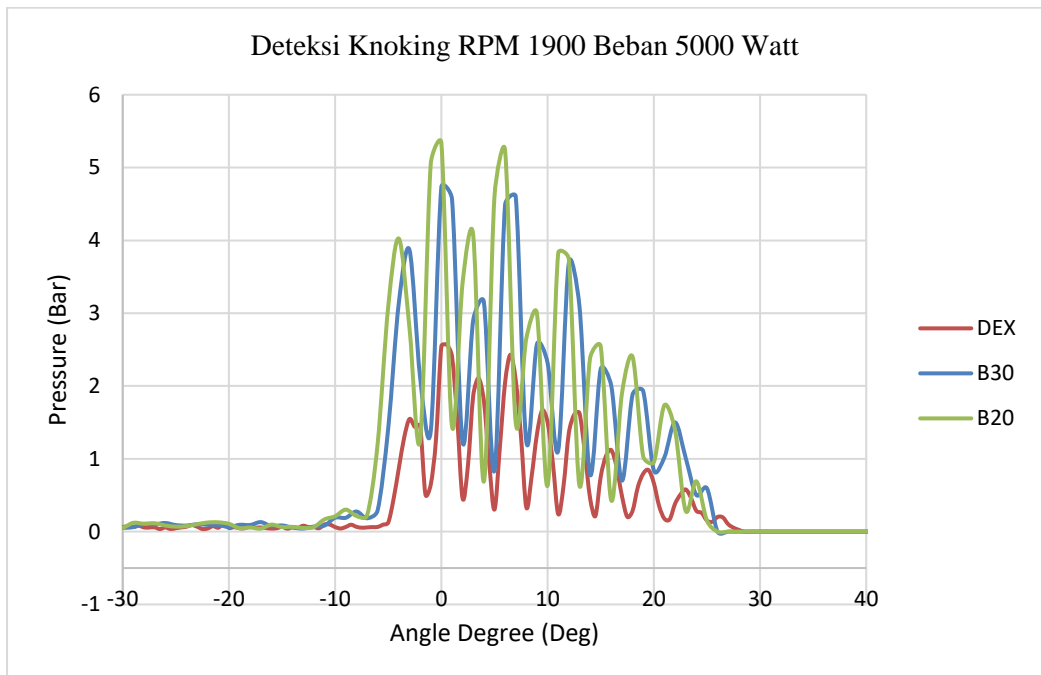


Grafik 4. 20Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900, beban 4000 watt

Grafik 4.2 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,8 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 3,4 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.3 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.

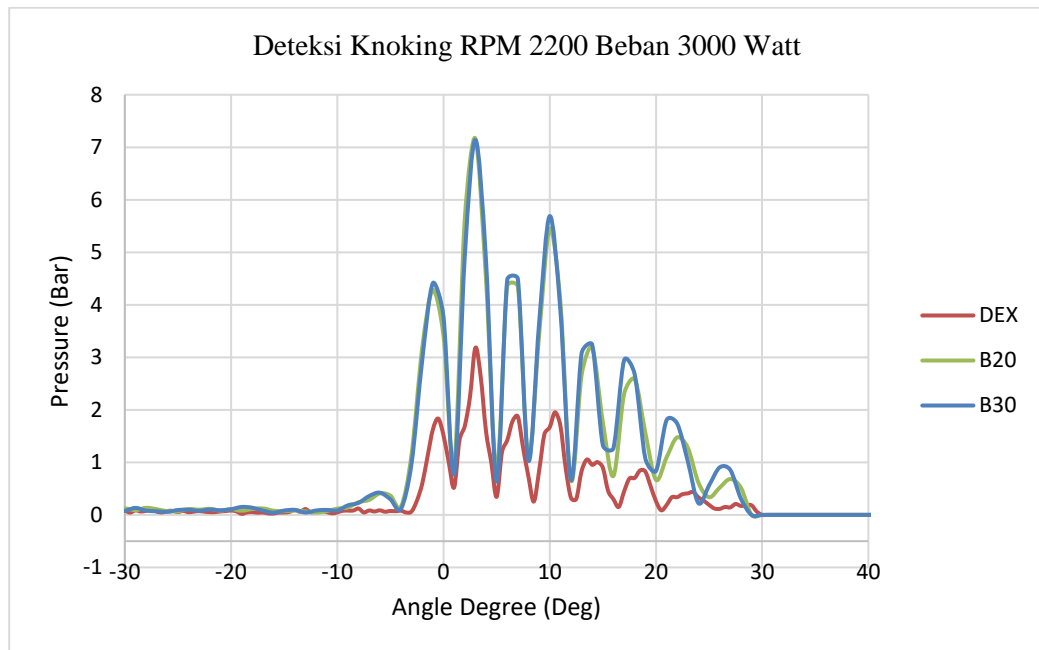


Grafik 4. 21Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900, beban 5000 watt

Grafik 4.21 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,5 bar, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 4,8 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 2,5 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan trend knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan baka . Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.4 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.

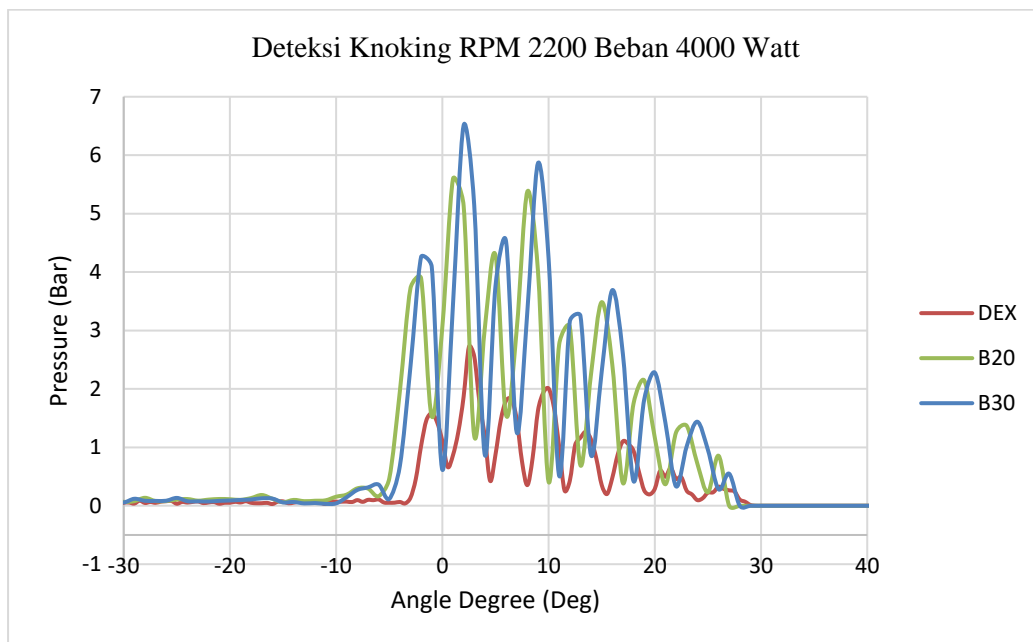


Grafik 4. 22Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 3000 watt

Grafik 4.22 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 7,5 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 7,2 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 3,1 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin naik *ignition delay* semakin lama.

#### 4.3.2.5 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.

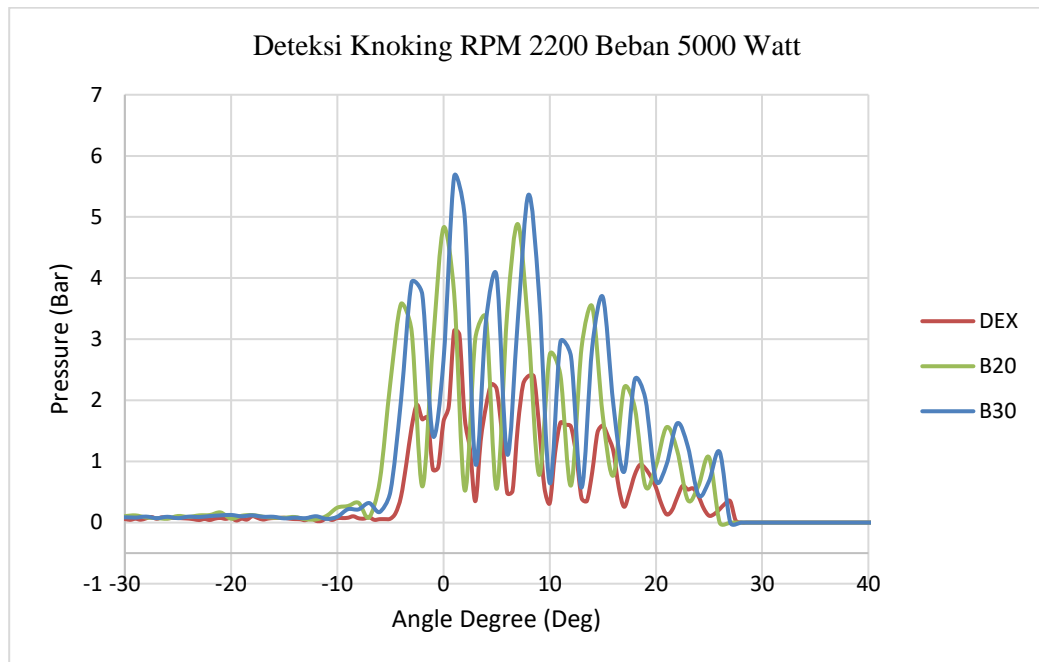


Grafik 4. 23Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 4000 watt

Grafik 4.23 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,7 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 2,9 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.6 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.



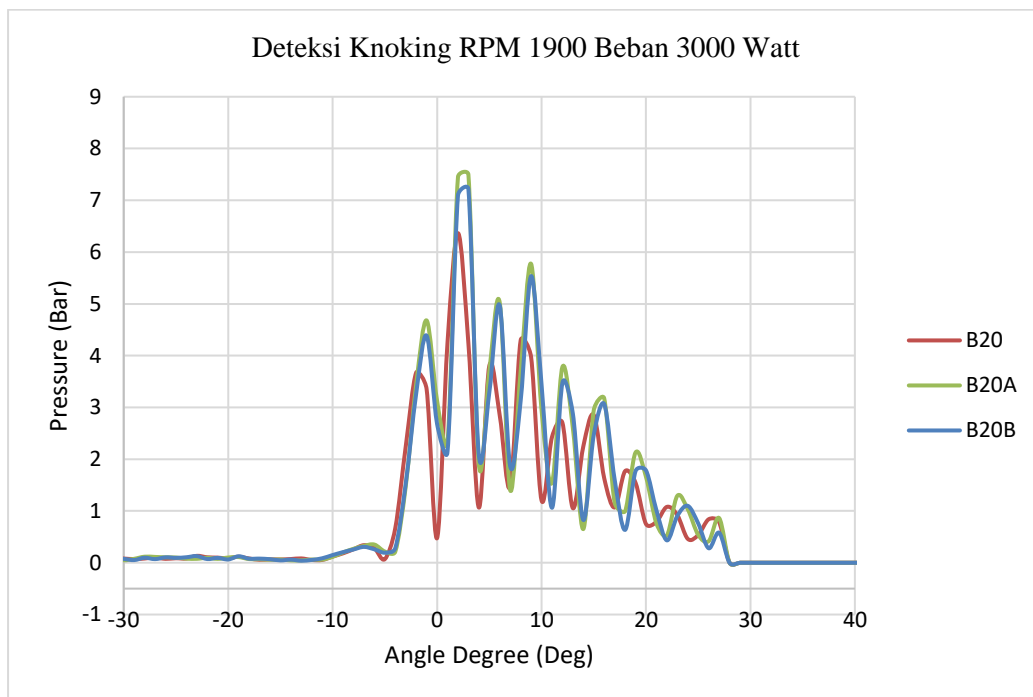
Grafik 4. 24 Analisa Perbandingan Knock Detection B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200, beban 5000 watt

Grafik 4.24 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 20% (B20) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 5,8 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 4,9 bar, kemudian Pertamina Dex dengan nilai 3,2 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel lebih besar bila dibandingkan dengan pertamina dex. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkandalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, knocking akan semakin menurun.



#### 4.3.2.7 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

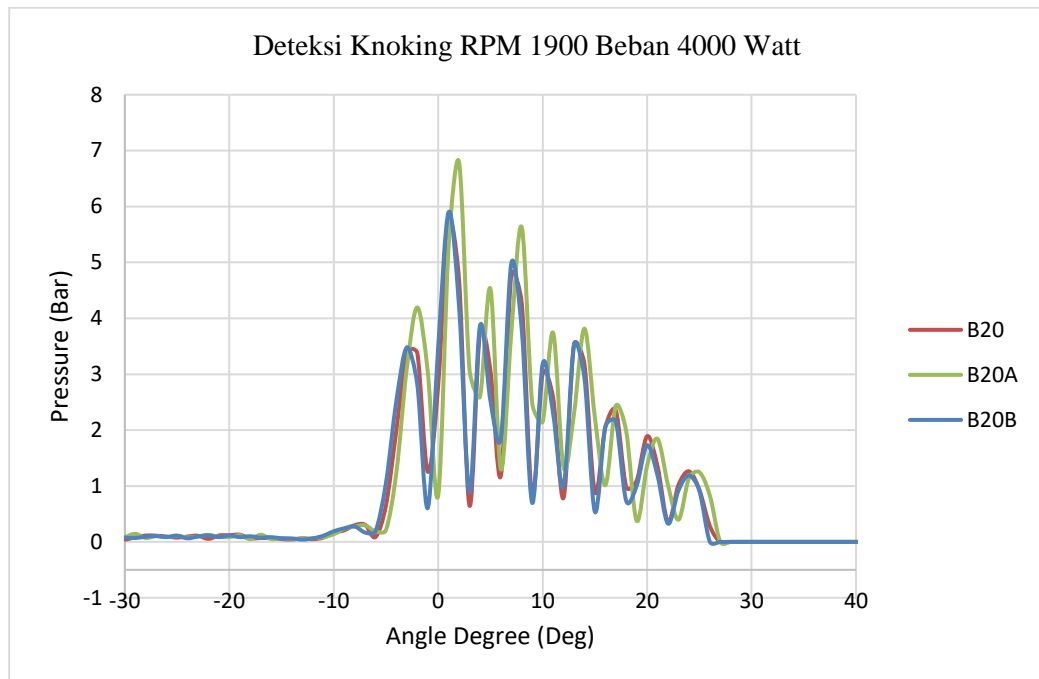


Grafik 4. 25 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 3000 watt

Grafik d4.25 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 7,6 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 7,4 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 6,2 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.8 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.

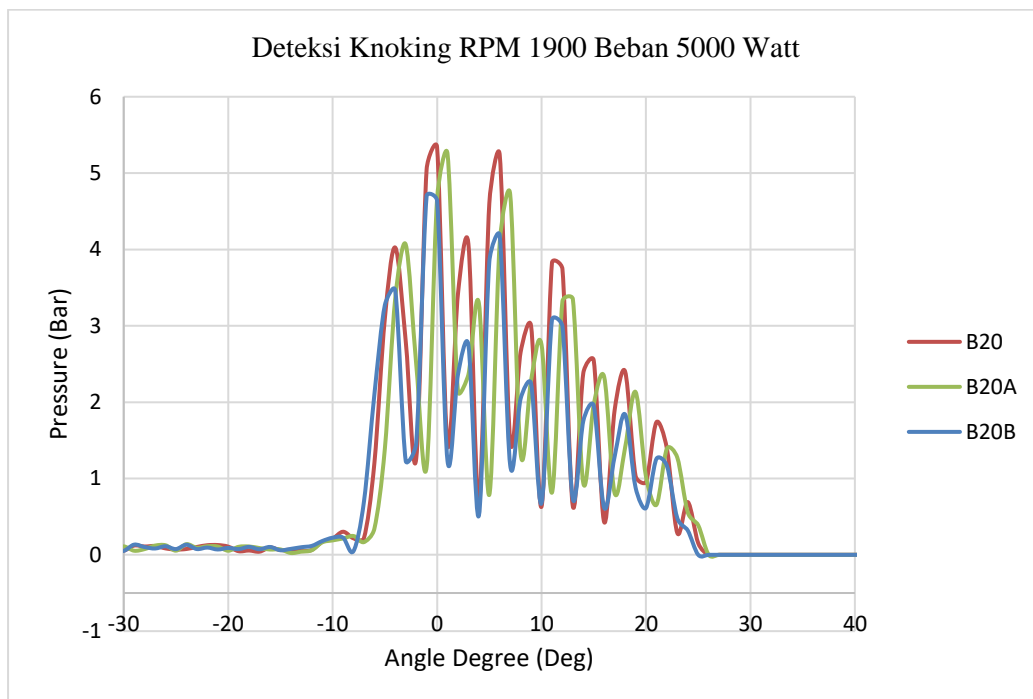


Grafik 4. 26 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 4000 watt

Grafik 4.26 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 6,9 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 5,9 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,8 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.9 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt.

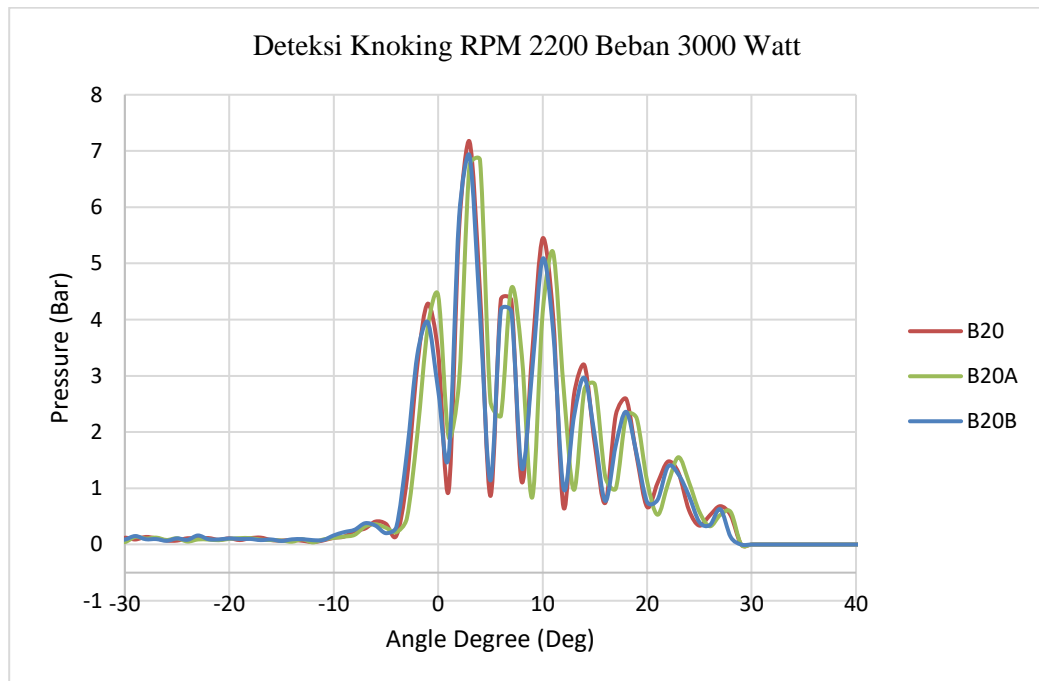


Grafik 4. 27 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900, beban 5000 watt

Grafik 4.27 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,4 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 5,2 bar, dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 4,9 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, knocking akan semakin menurun.

#### 4.3.2.10 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.

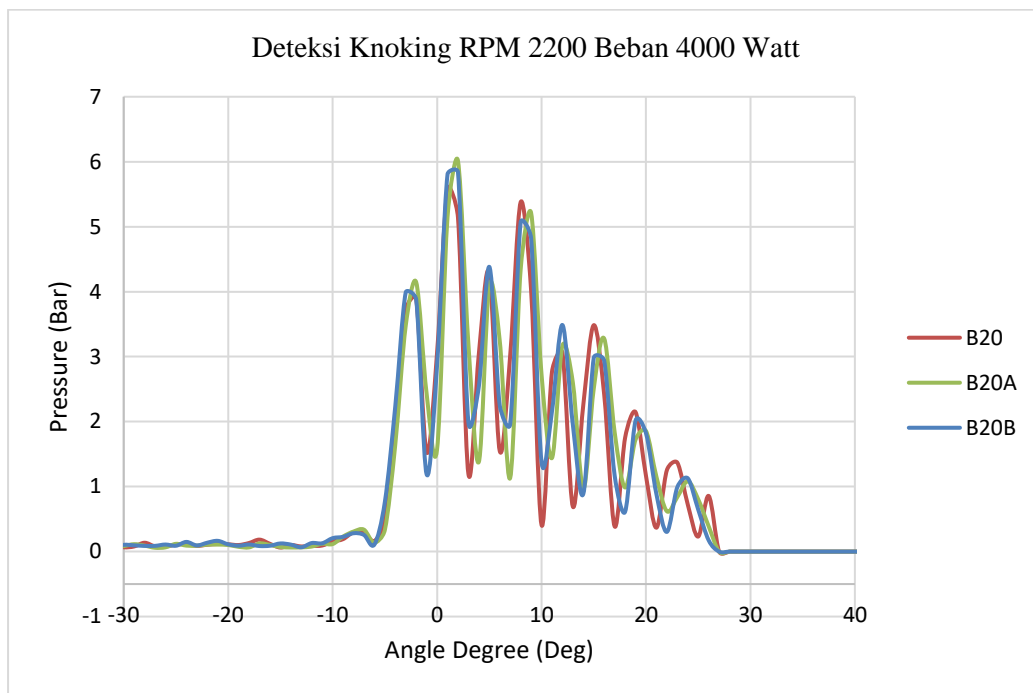


Grafik 4. 28 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt

Grafik 4.28 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 7,2 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 6,9 bar, dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 6,9 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.11 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.

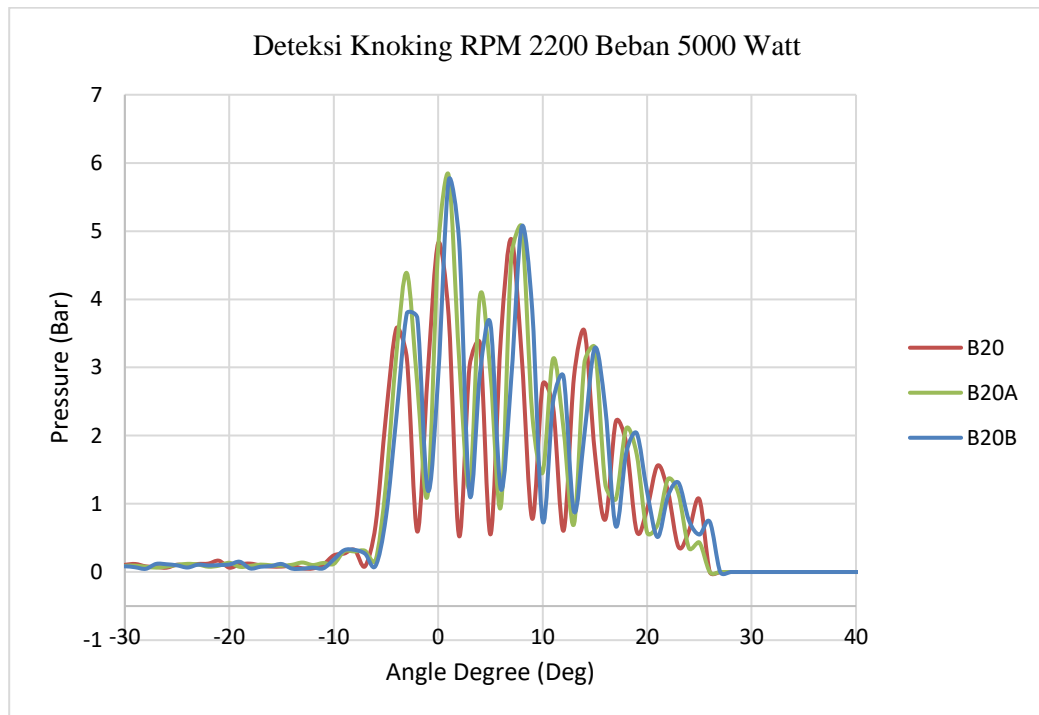


Grafik 4. 29 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 4000 watt

Grafik 4.29 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 6 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 5,9 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 5,7 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.2.12 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.

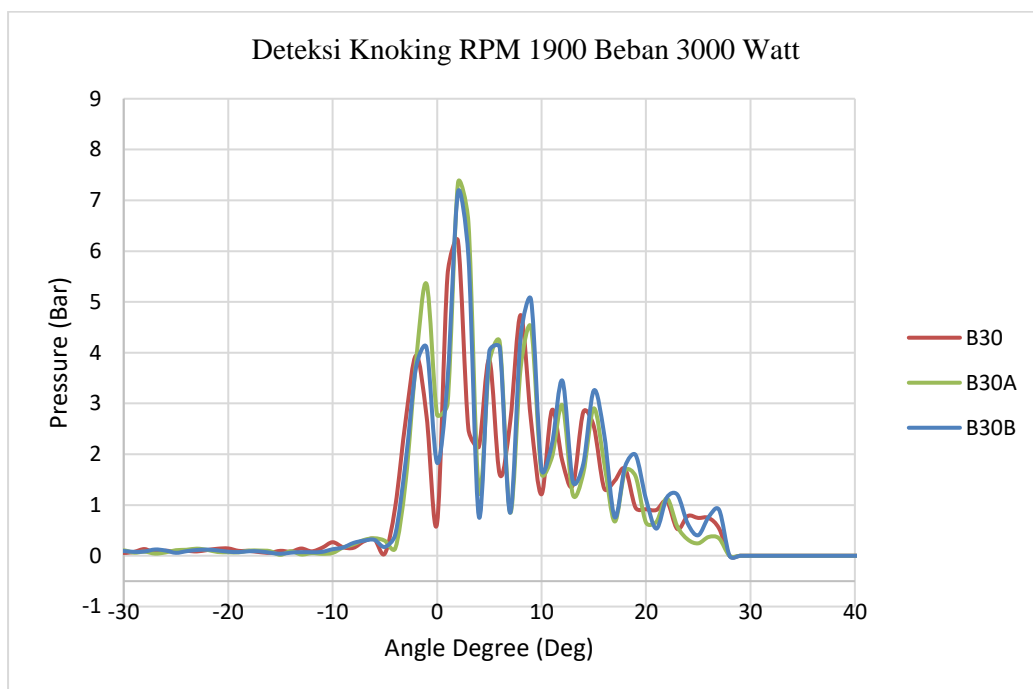


Grafik 4. 30 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 5000 watt

Grafik diatas menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B20A) dan Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20A) dengan nilai 5,8 bar, kemudian Biodiesel 20% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B20B) dengan nilai 5,7 bar, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 4,9 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, knocking akan semakin menurun.

#### 4.3.2.13 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

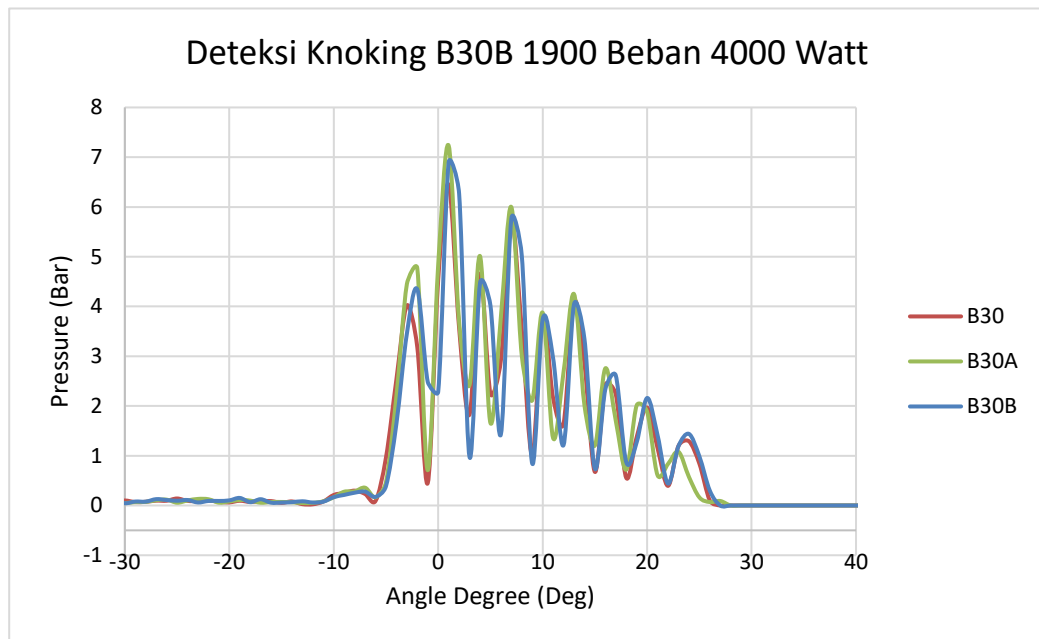


Grafik 4. 31 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 3000 watt

Grafik 4.31 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 7,1 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 7,2 bar, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat

#### 4.3.2.14 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



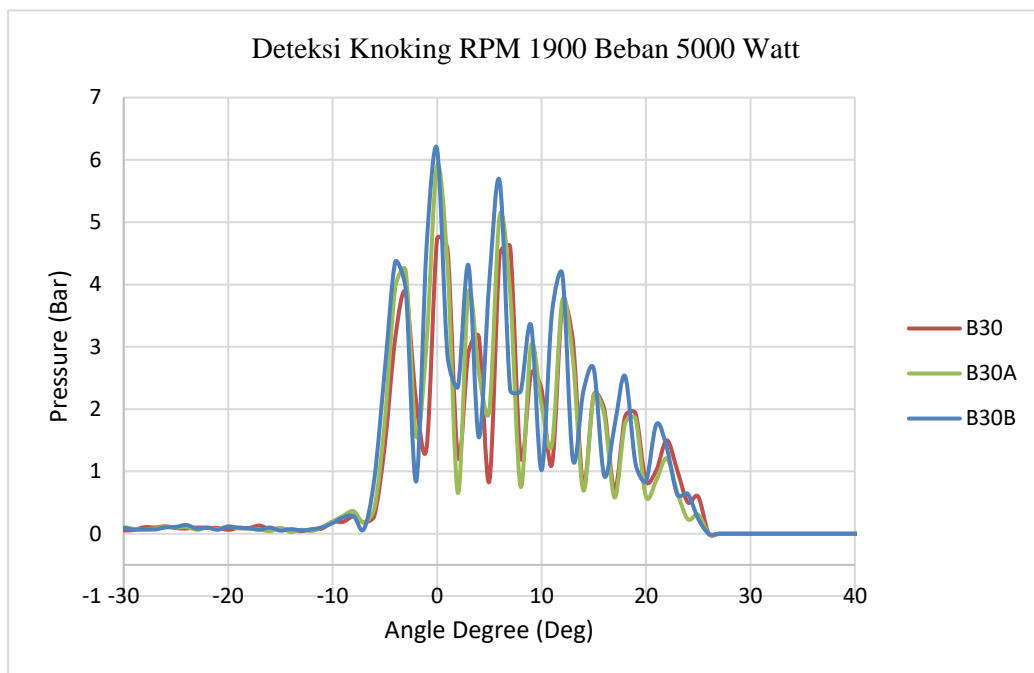
Grafik 4. 32 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 4000 watt

Grafik 4.32 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 6,9 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 7,1 bar, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat



#### 4.3.2.15 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.

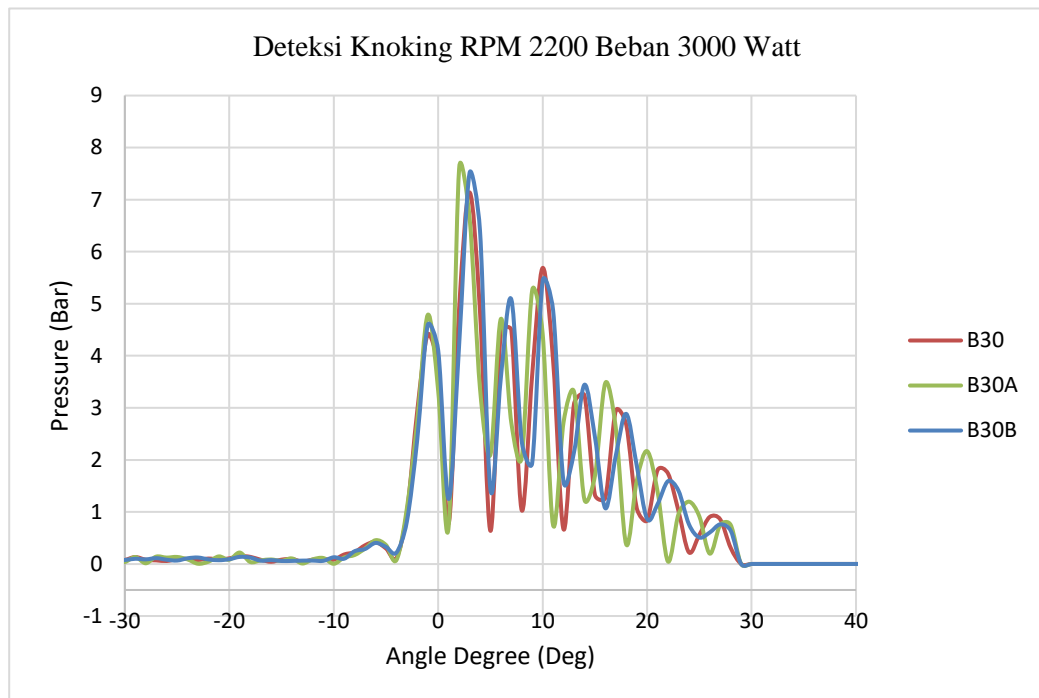


Grafik 4. 33 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 5000 watt

Grafik 4.33 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 6,1 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 6 bar, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 4,8 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, knocking akan semakin menurun.

#### 4.3.2.16 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.

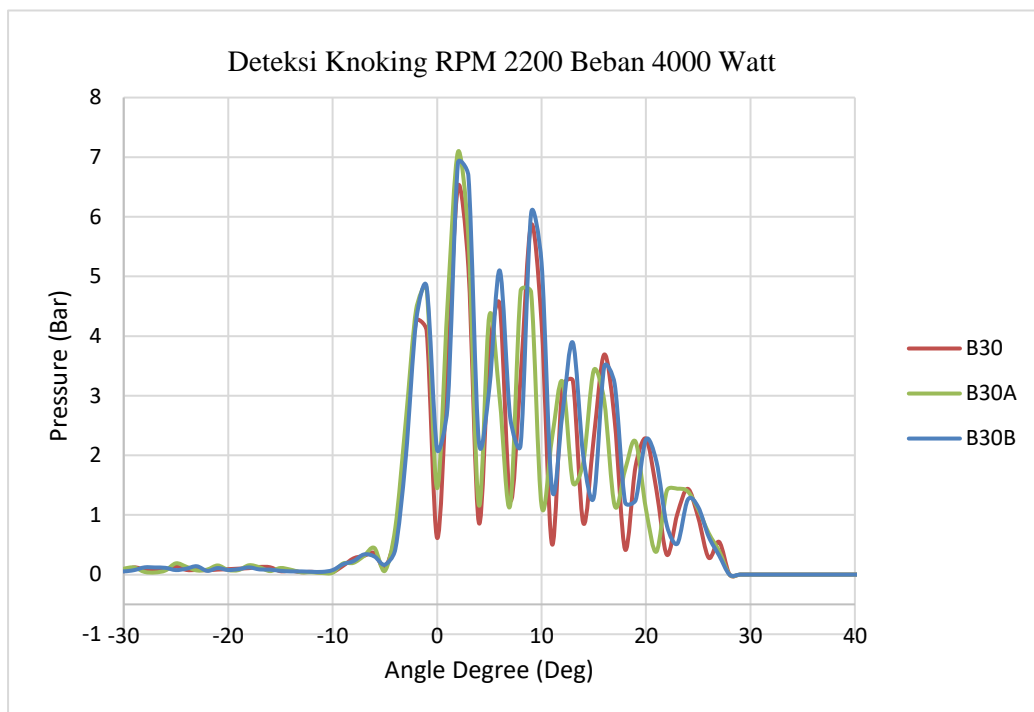


Grafik 4. 34 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt

Grafik 4.34 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 7,7 bar, Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 7,5 bar, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 7,2 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat

4.3.2.17 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.

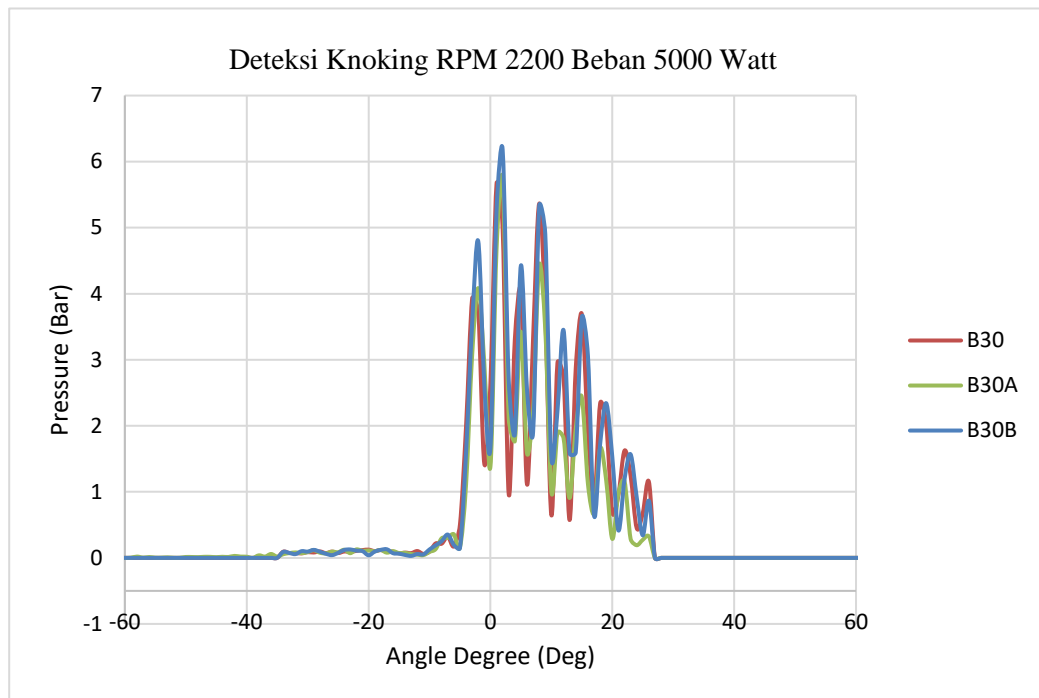


Grafik 4. 35Analisa Perbandingan Knock Detection B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 4000 watt

Grafik 4.35 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodin sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodin sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodin sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 7 bar, Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodin sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 6,9 bar, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 6,5 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodin lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat

#### 4.3.2.18 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



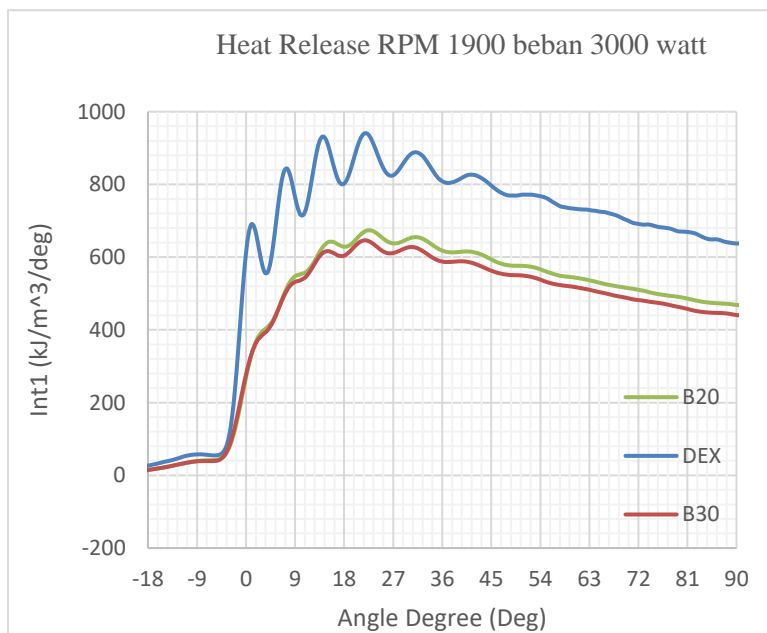
Grafik 4. 36Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 5000 watt

Grafik 3.36 menunjukkan grafik *Knock Detection* dari Biodiesel sebesar 30% (B20), Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 10 gram (B30A) dan Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai knocking tertinggi di RPM 2200 pada pembebanan 5000 watt adalah Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30B) dengan nilai 6,1 bar, kemudian Biodiesel 30% dengan variasi tambahan iodine sebesar 20 gram (B30A) dengan nilai 6 bar, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 5,8 bar.

Dari grafik tersebut menunjukkan knocking dari biodiesel dengan penambahan iodine lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, knocking akan semakin menurun.

### 4.3.3 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (Heat Release)

#### 4.3.3.1 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.

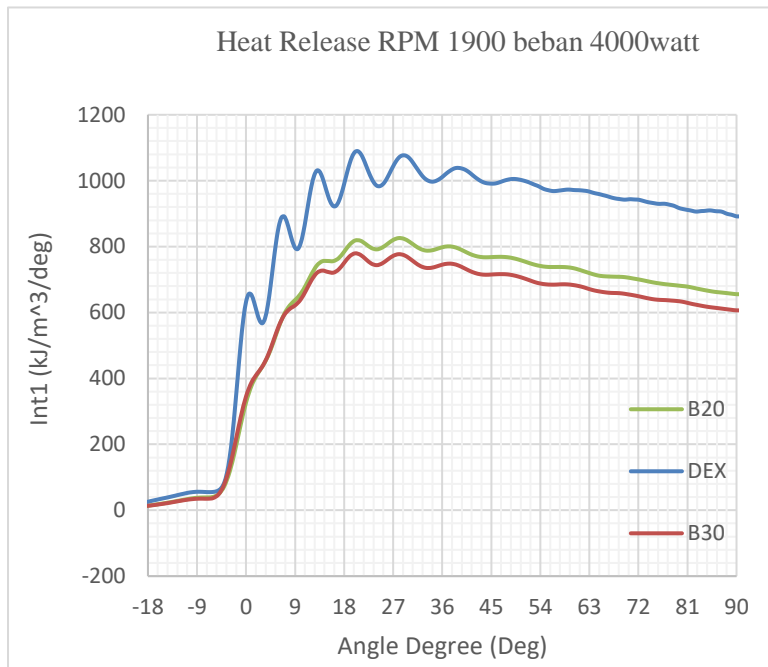


Grafik 4. 37 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex beban 3000 watt; RPM 1900

Grafik 4.37 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 3000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 936 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 673 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 646 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari Pertamina Dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.2 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.

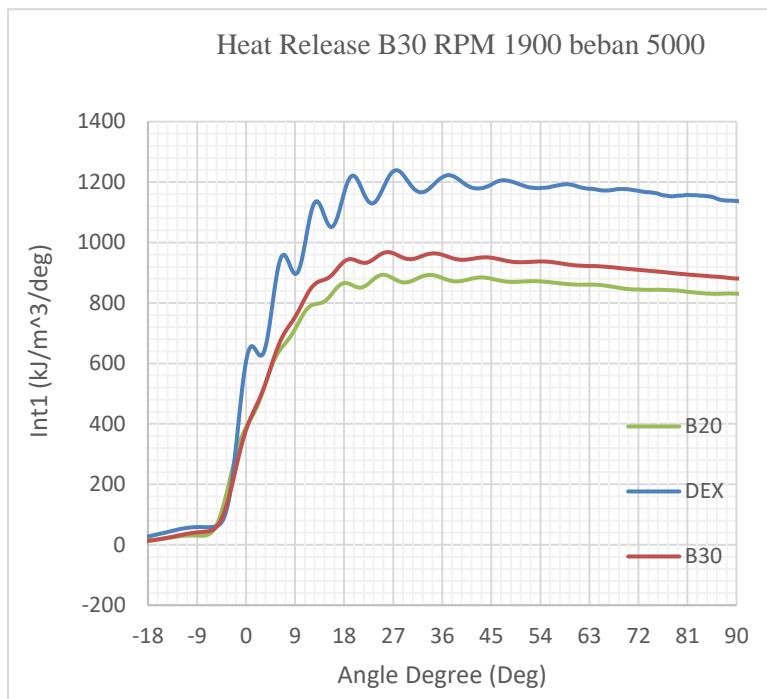


Grafik 4. 38 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex beban 4000 watt; RPM 1900

Grafik 4.38 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 4000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 1082 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 823 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 764 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari Pertamina Dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.3 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.

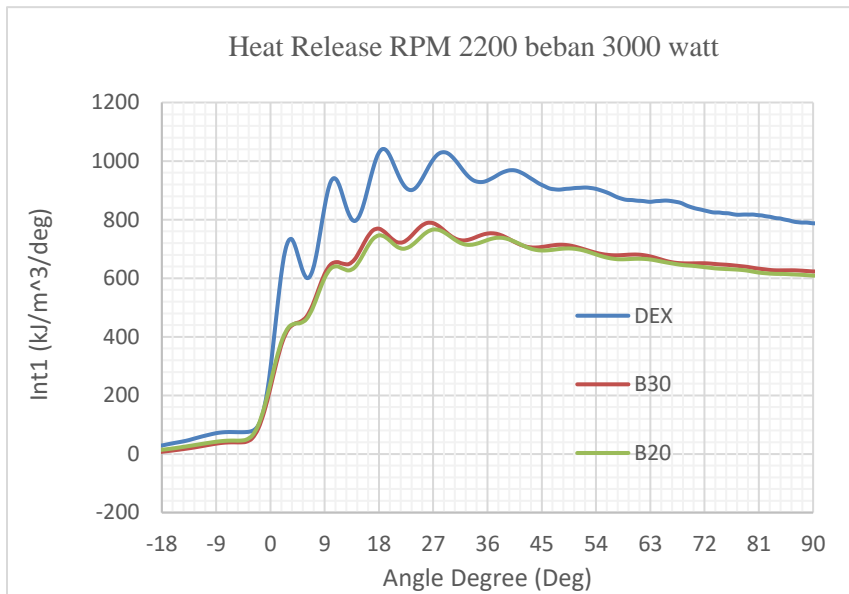


Grafik 4. 39 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 5000 watt; RPM 1900

Grafik 39 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada pembebanan 5000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 1183 kJ/m<sup>3</sup>/deg, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 964 kJ/m<sup>3</sup>/deg dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 890 kJ/m<sup>3</sup>/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari Pertamina Dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar. Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.4 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.



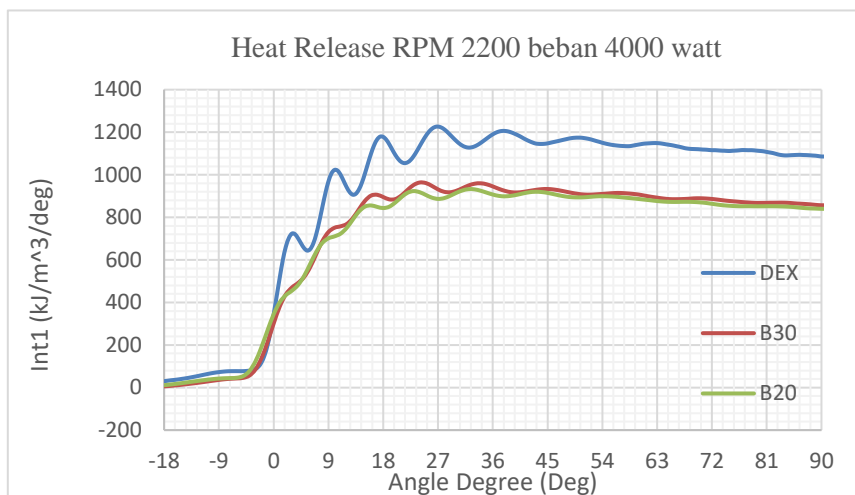
Grafik 4. 40 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 3000 watt; RPM 2200

Grafik 4.40 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 3000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 1028 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 788 kJ/m³/deg dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 764 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari pertamina dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.



#### 4.3.3.5 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.

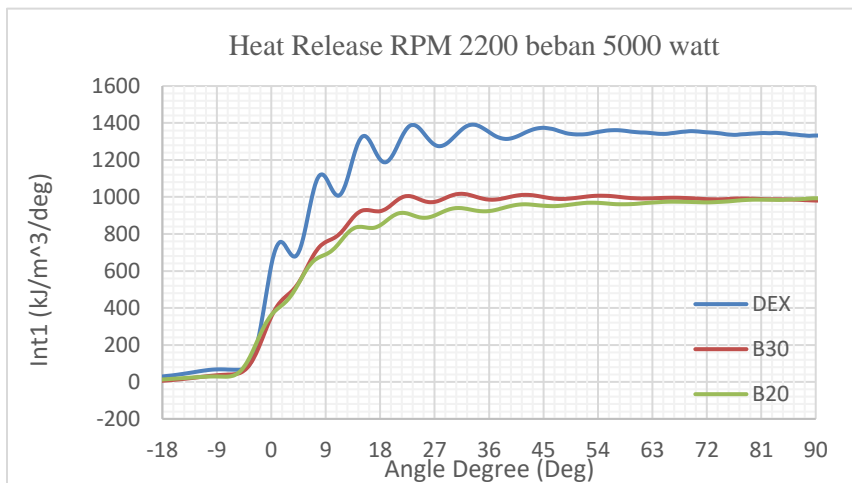


Grafik 4. 41 Analisa Perbandingan Heat Release B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 4000 watt; RPM 2200

Grafik 4.41 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 4000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 1222 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 961 kJ/m³/deg dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 931 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari Pertamina Dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Beda banding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.6 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.

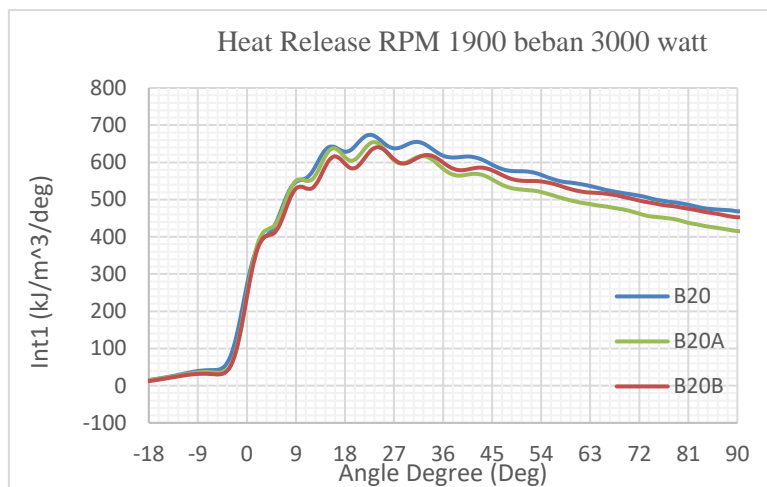


Grafik 4. 42 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada beban 5000 watt; RPM 2200

Grafik 4.42 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 30% (B30) dan Pertamina Dex. Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 5000 watt adalah Pertamina Dex dengan nilai 1383 kJ/m<sup>3</sup>/deg, kemudian Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 1015 kJ/m<sup>3</sup>/deg dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 937 kJ/m<sup>3</sup>/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari pertamina dex lebih besar bila dibandingkan dengan biodiesel. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.7 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

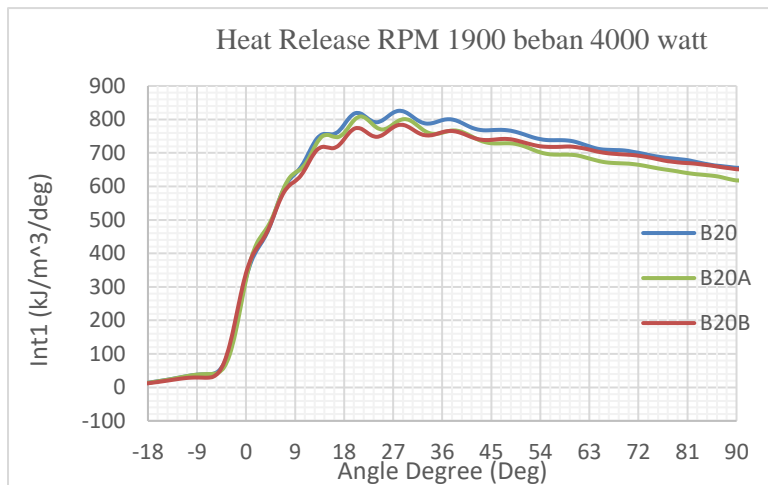


Grafik 4. 43 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B beban 3000 watt; RPM 1900

Grafik 4.43 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 673 kJ/m³/deg, Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 652 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 640 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel tanpa iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel ditambahkan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.8 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.

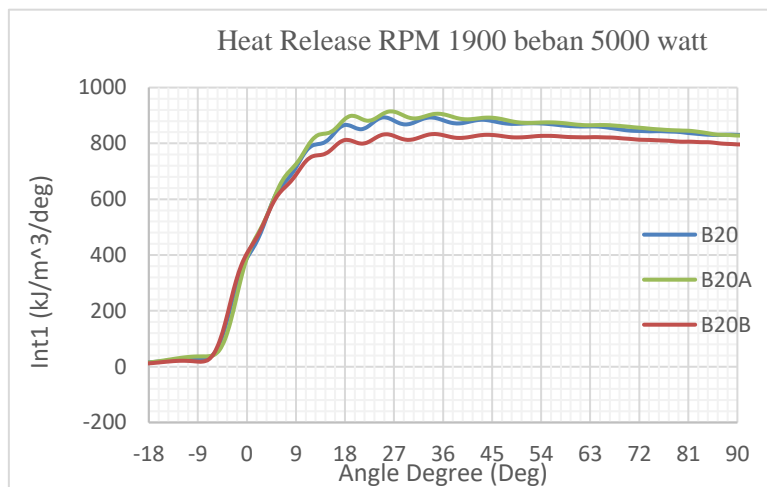


Grafik 4. 44 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B beban 4000 watt; RPM 1900

Grafik 4.44 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 832 kJ/m³/deg, Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 800 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 775 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel tanpa iodin besar bila dibandingkan dengan biodiesel ditambahkan iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.9 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt.

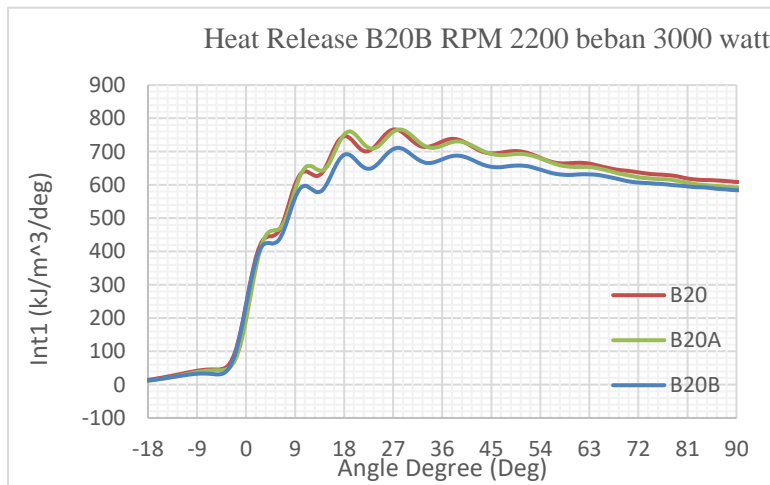


Grafik 4. 45 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B beban 5000 watt; RPM 1900

Grafik 4.45 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 913 kJ/m³/deg, Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 890 kJ/m³/deg dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 832 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.10 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.

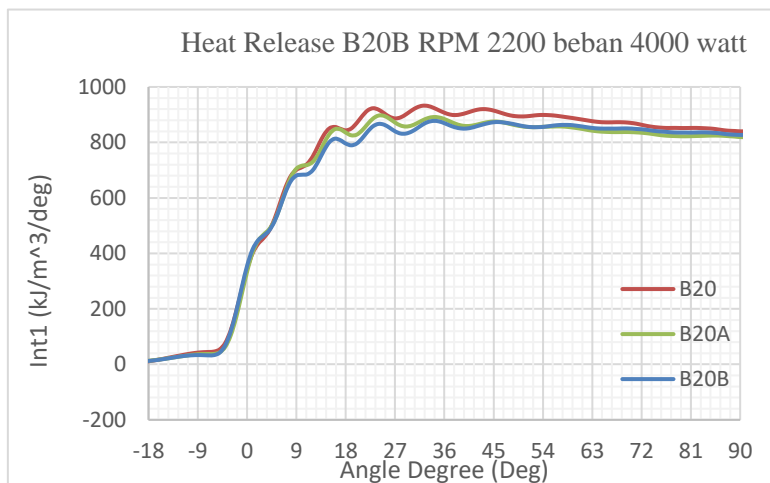


Grafik 4. 46 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 3000 watt

Grafik 4.46 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 766 kJ/m³/deg, Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 764 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 707 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.11 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.

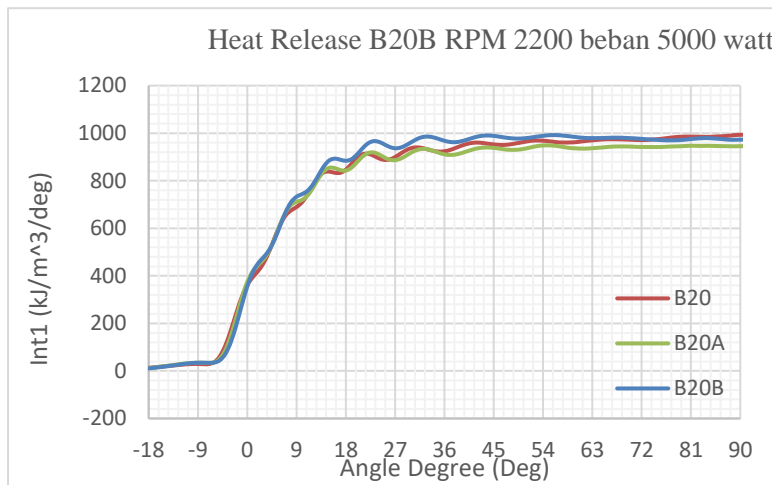


Grafik 4. 47 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 4000 watt

Grafik 4.47 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 931 kJ/m³/deg, Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 866 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 20% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 863 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel tanpa iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel ditambahkan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.12 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



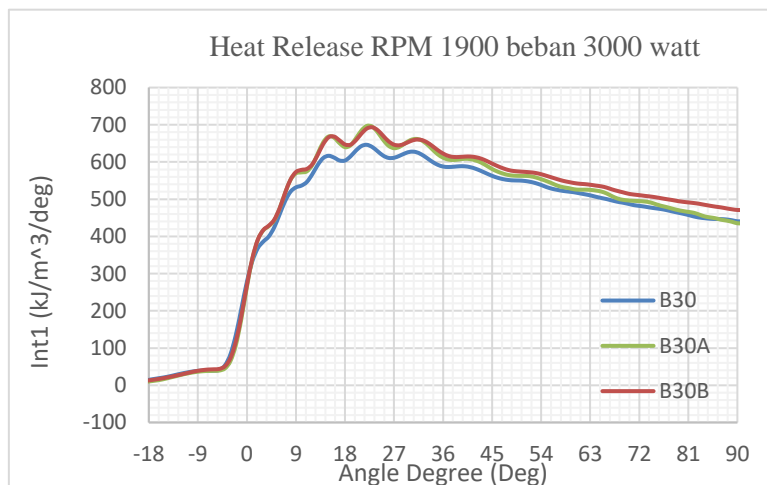
Grafik 4. 48 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200, beban 5000 watt

Grafik 4.48 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 20% (B20), Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B20A) dan Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B20B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B20B) dengan nilai 988 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 20% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B20A) dengan nilai 938 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 20% (B20) dengan nilai 937 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodin besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.



#### 4.3.3.13 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

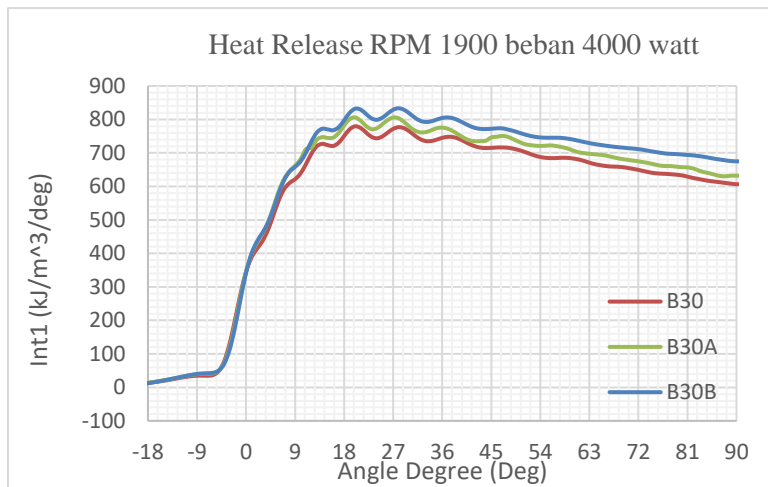


Grafik 4. 49 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 3000 watt

Grafik 4.49 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B) dengan nilai 696 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dengan nilai 693 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 646 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.14 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.

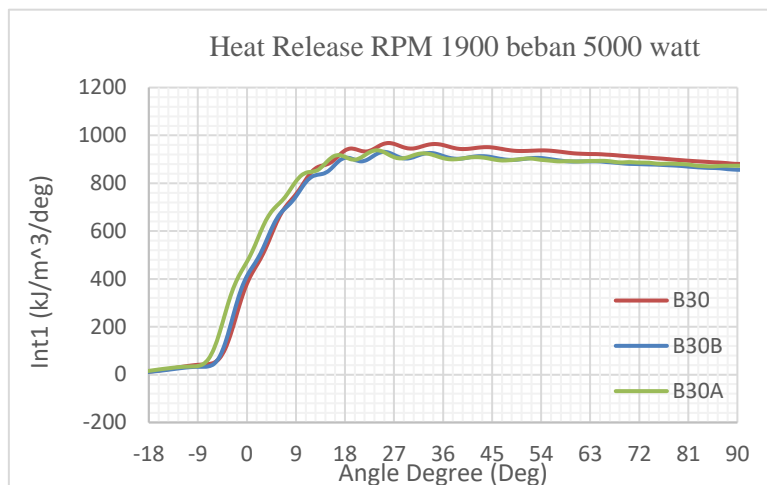


Grafik 4. 50 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 4000 watt

Grafik 4.50 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30B) dengan nilai 828 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) dengan nilai 817 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 764 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodin besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.15 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.

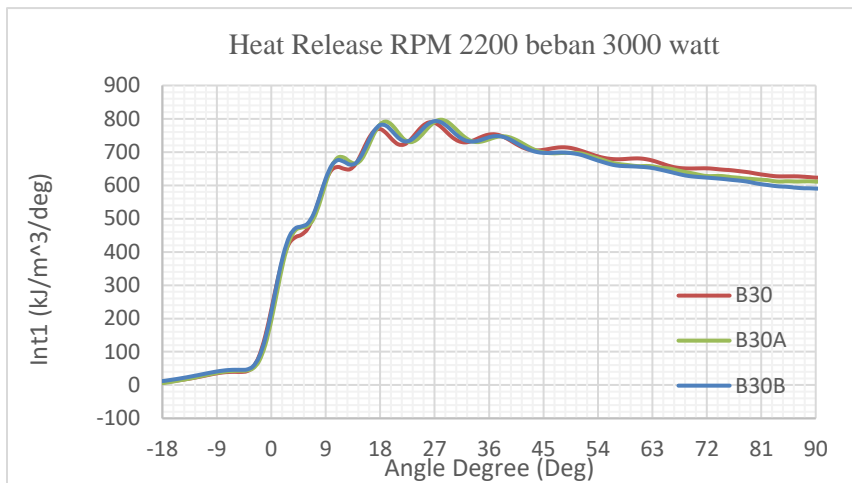


Grafik 4. 51 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900, beban 5000 watt

Grafik 4.51 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 1900 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 964 kJ/m³/deg, Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dengan nilai 937 kJ/m³/deg, kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B) dengan nilai 931 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel tanpa iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel ditambahkan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.16 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.

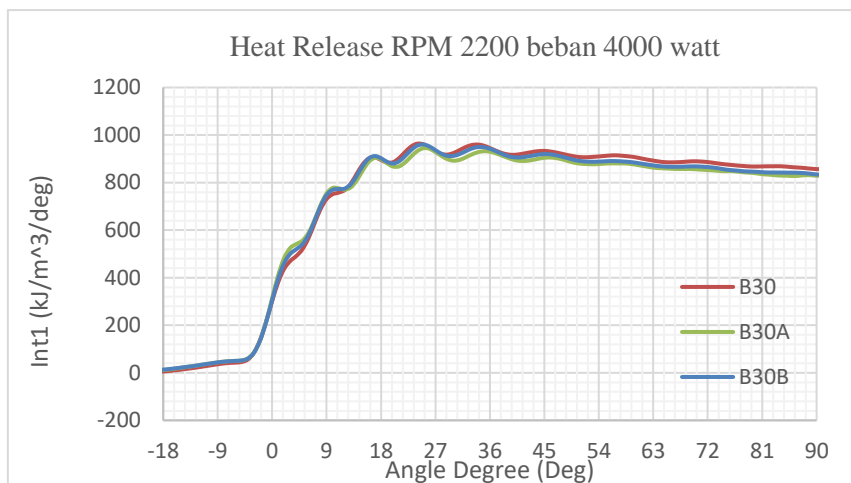


Grafik 4. 52 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 3000 watt

Grafik 4.52 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 3000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30A) dengan nilai 791 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30B) dengan nilai 790 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 788 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodin besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.3.17 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.

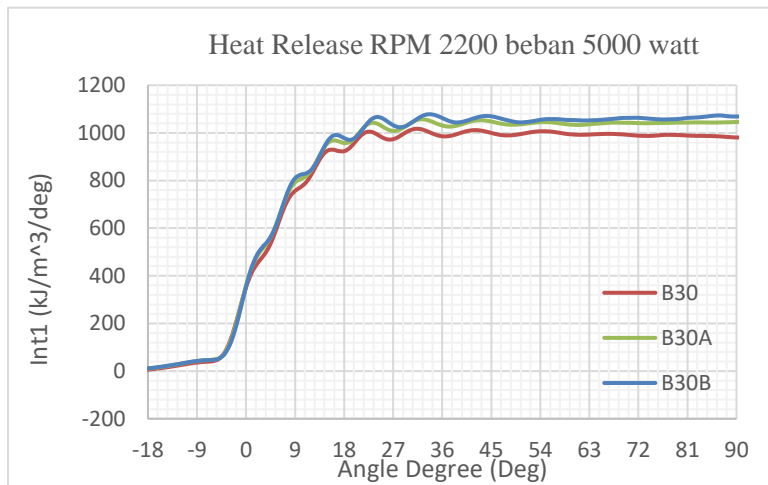


Grafik 4. 53 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 4000 watt

Grafik 4.53 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 4000 watt adalah Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 961 kJ/m³/deg, Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 20 gr/liter (B30B) dengan nilai 960 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodine 10 gr/liter (B30A) dengan nilai 955 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel tanpa iodine besar bila dibandingkan dengan biodiesel ditambahkan iodine. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar. Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin tinggi *heat release* maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Berbanding lurus dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat.

#### 4.3.3.18 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



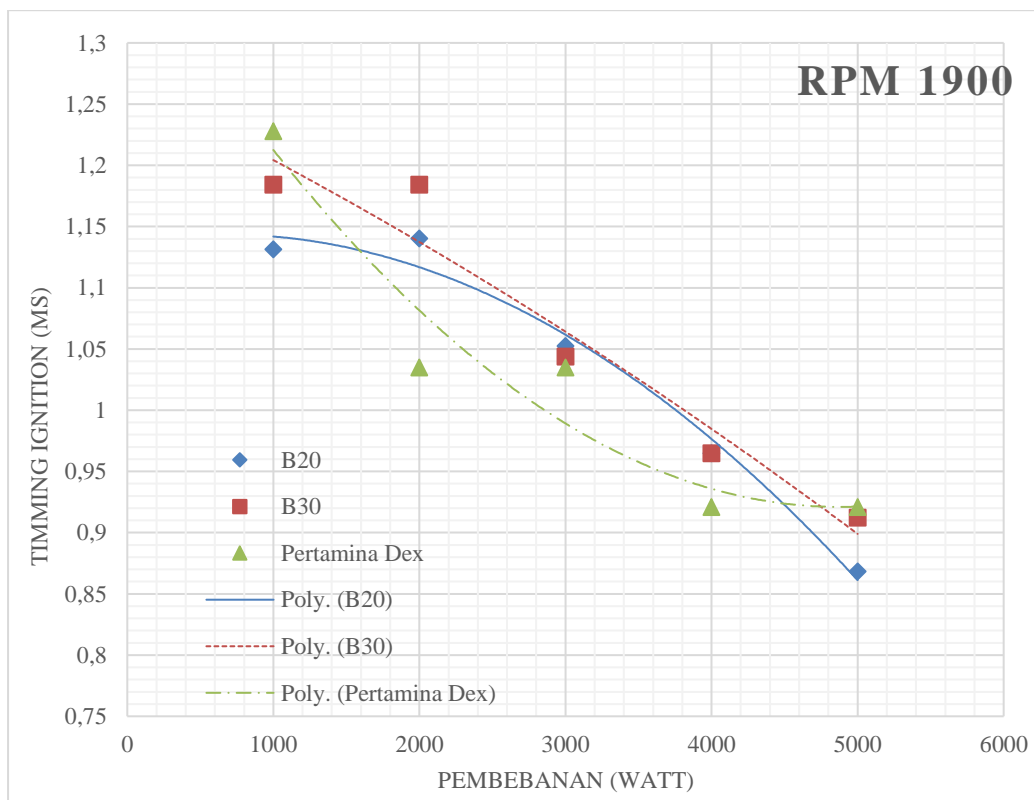
Grafik 4. 54 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200, beban 5000 watt

Grafik 4.54 menunjukkan grafik *Heat Release* dari Biodiesel sebesar 30% (B30), Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) dan Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30B). Grafik tersebut memiliki nilai *Heat Release* tertinggi di RPM 2200 pada beban 5000 watt adalah Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 20 gr/liter (B30B) dengan nilai 1076 kJ/m³/deg kemudian Biodiesel 30% dengan penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) dengan nilai 1052 kJ/m³/deg, dan Biodiesel 30% (B30) dengan nilai 1015 kJ/m³/deg.

Dari grafik tersebut menunjukkan *heat release* dari biodiesel ditambahkan iodin besar bila dibandingkan dengan biodiesel tanpa iodin. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing bahan bakar Dan berpengaruh pula terhadap *ignition delay* bahan bakar, Semakin turun knocking maka akan semakin lama pula *ignition delay* pada suatu bahan bakar. Bebanding terbalik dengan tekanan yang semakin turun apabila *ignition delay* semakin cepat. Trend dari grafik menunjukkan dalam RPM yang sama dan beban dinaikkan, *heat release* akan semakin naik.

#### 4.3.4 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (Ignition Delay)

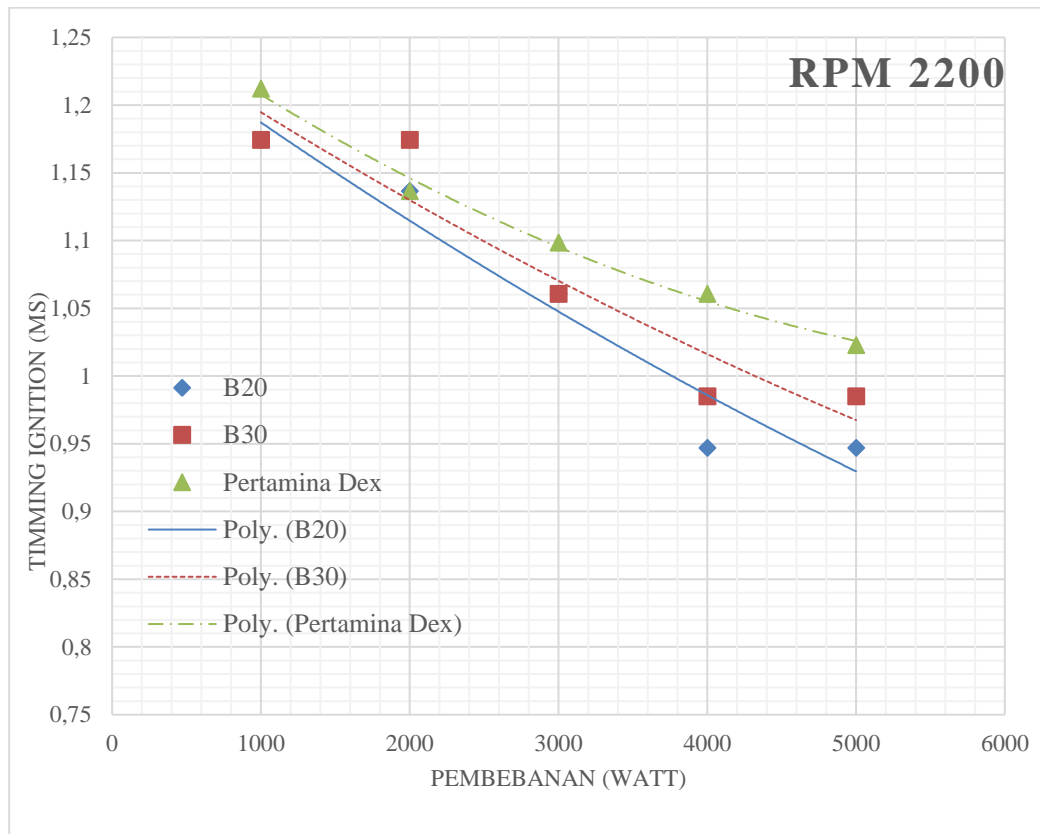
##### 4.3.4.1 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900



Grafik 4. 55 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 1900

Grafik 4.55 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 1900. Dalam pembebanan 3000 watt hingga 5000 watt, Biodiesel 20% merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu terbakarnya bahan bakar yaitu 1.13 ms, 1.14 ms, 1.05 ms, 0.96 ms dan 0.86. Namun, pada kondisi pembebanan 2000 hingga 4000 watt, Pertamina Dex yang memiliki waktu ignition delaynya paling cepat yaitu 1.03 ms, 1.03, dan 0.92 ms.

#### 4.3.4.2 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200

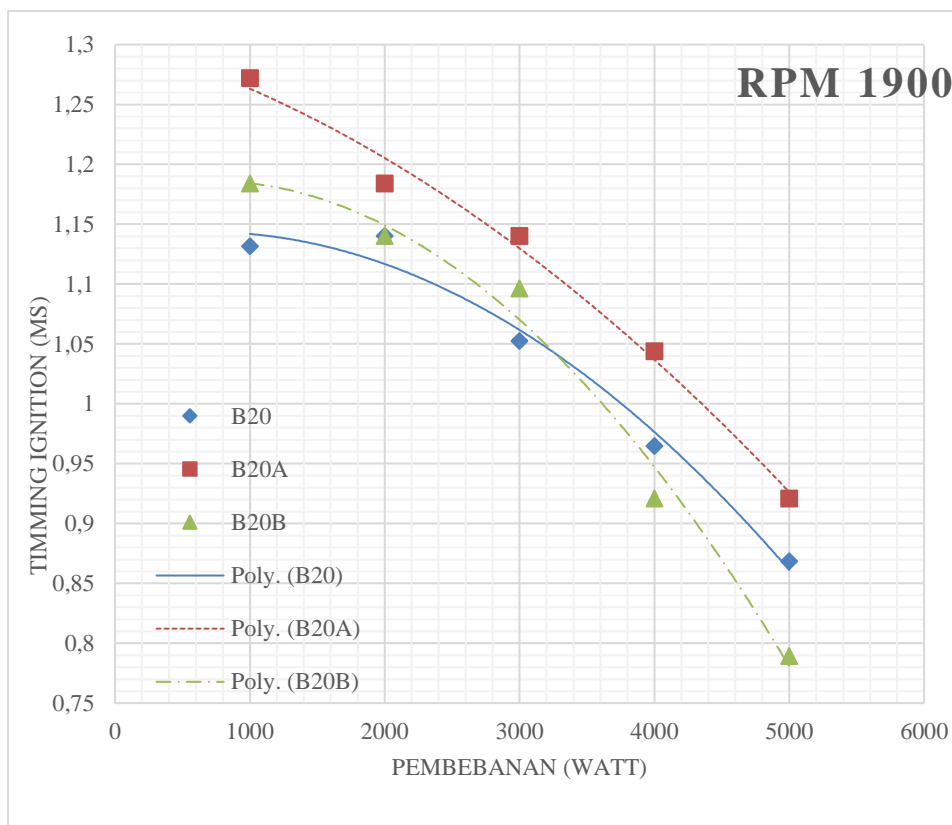


Grafik 4. 56 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20, B30, Pertamina Dex pada RPM 2200

Grafik 4.56 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dalam pembebanan 3000 watt hingga 5000 watt, Biodiesel 20% merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu terbakarnya bahan bakar yaitu 1.17 ms, 1.13 ms, 1.06 ms, 0.96 ms dan 0.94 ms. Hal ini dapat disimpulkan dalam RPM 2200 perbandingan *ignition delay* antara B20, B30, dan Pertamina Dex yang memiliki waktu *ignition delay* tercepat adalah biodiesel 20% (B20).



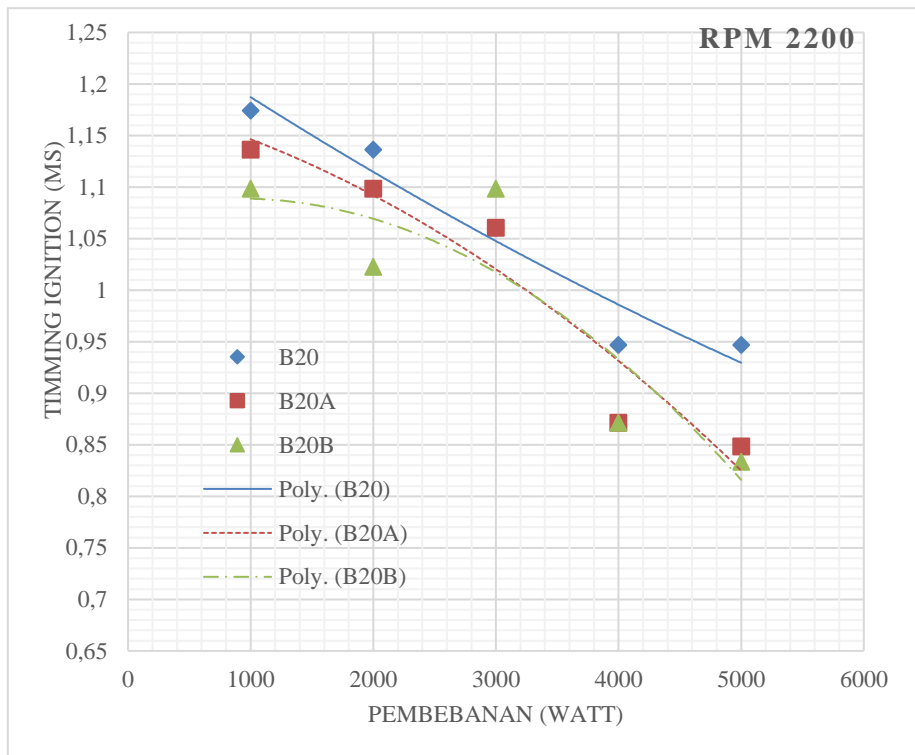
#### 4.3.4.3 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900



Grafik 4. 57 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20, B20A, B20B pada RPM 1900

Grafik 4.57 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dalam pembebanan 1000 watt hingga 5000 watt, Biodiesel 20% dengan variasi penambahan iodine sebesar 20 gr/liter (B20B) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu terbakarnya bahan bakar yaitu 1.18 ms, 1.14 ms, 1.09 ms, 0.92 ms dan 0,73 ms. Namun, pada kondisi pembebanan 1000 dan 3000 watt, Biodiesel 20% yang memiliki waktu *ignition delay* yang paling cepat yaitu 1.03 ms dan 1,05ms.

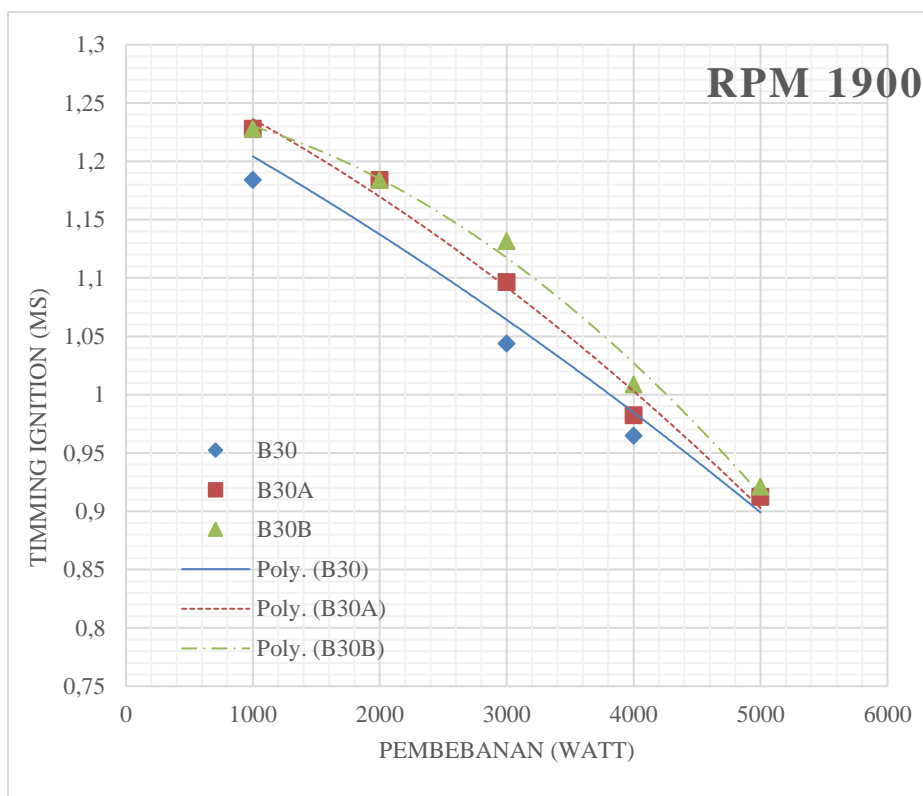
#### 4.3.4.4 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200



Grafik 4. 58 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B20, B20A, B20B pada RPM 2200

Grafik 4.58 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dalam pembebanan 1000 watt hingga 5000 watt, Biodiesel 20% dengan variasi penambahan iodine sebesar 20 gr/liter (B20B) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu terbakarnya bahan bakar yaitu 1.09 ms, 1.02 ms, 1.09 ms, 0.87 ms dan 0,83. Namun, pada kondisi pembebanan 3000 watt, Biodiesel 20% yang memiliki waktu ignition delay yang paling cepat yaitu 1.06 ms.

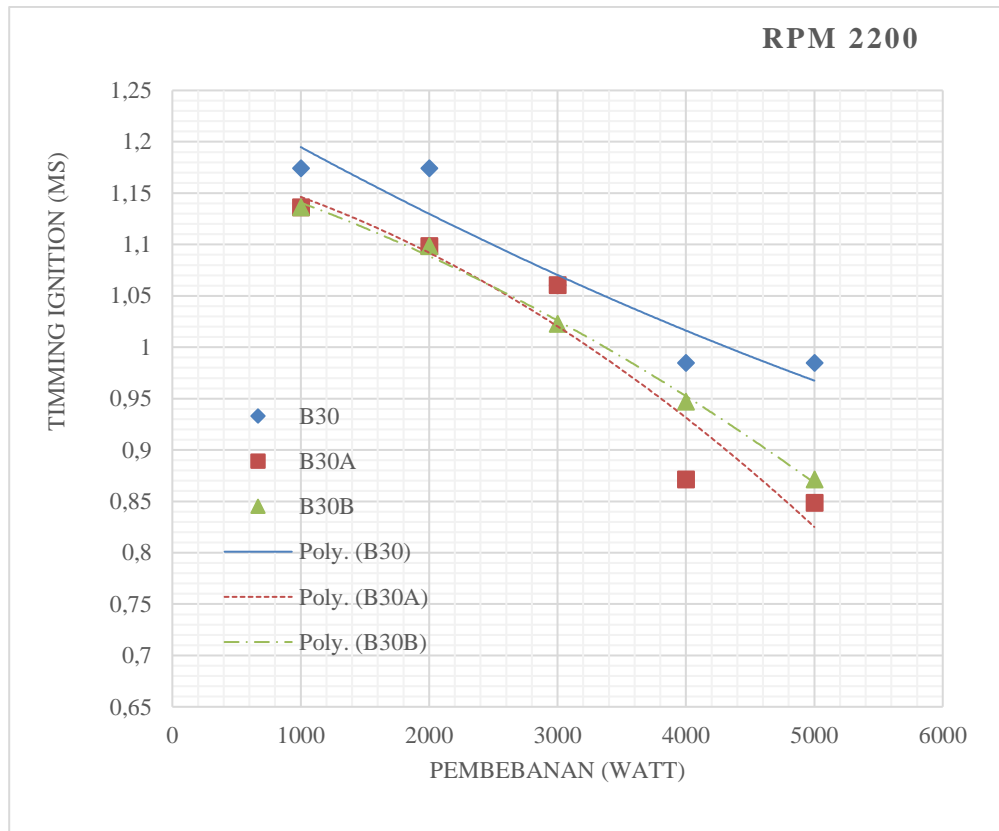
#### 4.3.4.5 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900



Grafik 4. 59 Analisa Perbandingan Ignition Delay B30, B30A, B30B pada RPM 1900

Grafik 4.59 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 1900. Dalam pembebanan 1000 watt hingga 5000 watt, biodiesel 30% merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu pengijeksiannya yaitu 1.18 ms, 1.18 ms, 1.04 ms, 0.96 ms dan 0,91 ms. Hal ini dapat disimpulkan dalam RPM 1900 perbandingan ignition delay antara B30, B30A, dan B30B yang memiliki waktu ignition delay tercepat adalah biodiesel 30% (B30).

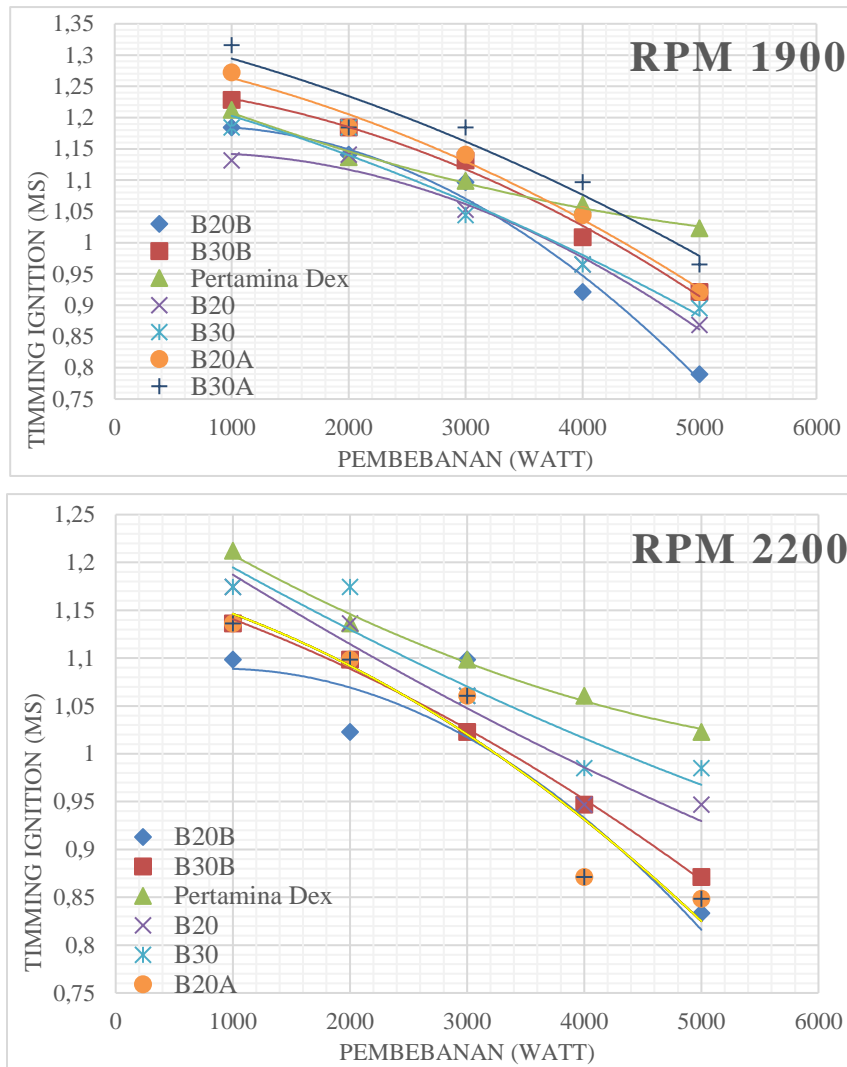
#### 4.3.4.6 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200



Grafik 4. 60 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* B30, B30A, B30B pada RPM 2200

Grafik 4.60 merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dalam pembebanan 1000 watt hingga 5000 watt, biodiesel 30% dengan variasi penambahan iodin 10 gr/liter (B30A) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat waktu pengijeksiannya yaitu 1.13 ms, 1.09 ms, 1.02 ms, 0.94 ms dan 0.87 ms. Namun, pada kondisi pembebanan 3000 watt, Biodiesel 30% dengan variasi penambahan iodin 20 gr/liter (B30) yang memiliki waktu ignition delay yang paling cepat yaitu 1.02 ms.

#### 4.3.4.7 Analisa Perbandingan *Ignition Delay* pada RPM 1900 dan RPM 2200



Grafik 4. 61 Analisa Perbandingan Ignition Delay B20, B20A, B20B, B30, B30A, B30B pada RPM 1900 dan 2200.

Grafik 4.61 menunjukkan perbandingan ignition delay pada RPM 1900 dan RPM 2200. Dari grafik di atas yang memiliki ignition delay paling cepat ialah biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gr/liter pada RPM 2200.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari analisis proses pembakaran dengan bahan bakar Biodiesel Minyak Jelantah (waste cooking oil) dengan penambahan variasi iodin serta dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina Dex, dapat ditarik kesimpulan seperti berikut

- untuk *Maximum Pressure*, berdasarkan hasil pengujian dengan RPM yang sama dan pembebanan dinaikkan, maka *maximum pressure* juga akan semakin meningkat.
- Pada grafik *Heat Release*, dari hasil pengujian semakin tinggi pembebanan pada RPM yang sama maka akan semakin meningkat pula *Heat Release*-nya.
- Dalam grafik *knocking*, semakin tinggi pembebanan pada RPM yang sama maka *knocking* akan semakin menurun pula *knocking*-nya.
- Pada grafik *Ignition Delay*, dengan pembebanan yang dinaikkan maka waktu penginjeksian yang terjadi akan semakin singkat.

Dari hasil analisa proses pembakaran motor diesel tersebut didapat apabila *ignition delay* semakin pendek atau semakin cepat maka *heat release*, dan *max. pressure* akan menurun, sedangkan untuk *knocking* akan meningkat begitupula sebaliknya apabila *ignition delay* semakin panjang maka *heat release*, *max. pressure*, akan meningkat sedangkan *knocking* akan menurun. Dan dari hasil pengujian dapat diketahui pengaruh penambahan iodin pada biodiesel berpengaruh pada *ignition delay* semakin besar jumlah penambahan iodin akan membuat *ignition delay* juga semakin pendek. Dalam pengujian ini biodiesel yang memiliki prosentase *ignition delay* terpendek ialah biodiesel 20% dengan penambahan iodin sebesar 20 gr/liter (B20B) dengan nilai *iodine number* sebesar 94,91. Penambahan angka iodin pada *properties* biodiesel membuat periode pengapian semakin pendek atau dapat dikatakan bahan bakar lebih mudah terbakar.

#### 5.2 Saran

- Dari segi ketersediaan iodin dengan jenis *iodine resublime* belum banyak tersedia dipasaran secara umum.
- Perlu diadakan penelitian lanjutan pengaruh dari penambahan iodin terhadap laju keausan dari mesin diesel.
- Perlu peninjauan penggunaan biodiesel minyak jelantah dari segi ekonomi dan pengujian biodiesel minyak jelantah (waste cooking oil) apabila dicampurkan dengan bahan bakar yang umum digunakan pada kapal seperti MDO.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

- Nariati, Susi. (2016). Influence Analysis Of The Iodine Number On Motor Performance with B20 and B30 Biodiesel Fuel from Waste Cooking Oil.
- Evy, Setiawati. (2012). Technology processing of biodiesel from used cooking oil by microfiltration and transesterification techniques as an alternative fuel of diesel engine. *Jurnal Riset Industri* Vol. VI No. 2.
- Silviana dan Buchori, Luqman. (2015). Biodiesel Storage Effect Base On Degradation Of CPO Biodiesel. *Reaktor*, Vol. 15 No.3.
- Djamin, Martin dan Wirawan, Soni (2010). Pengaruh Komposisi Biodiesel Terhadap Kinerja Mesin dan Emisi Gas Buang. *Jurnal Tek. Ling* Vol.11 No.3.
- Wakhid, Muhamad Arif (2014). Analisis perbandingan performa dan emisi NOx motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak jelantah *waste cooking oil* dengan biosolar.
- Hendrajat, Muhammad (2011). Studi eksperiment penggunaan water scrubber untuk meningkatkan kinerja dari system exhaust gas recirculating (egr) dalam mereduksi NOx pada motor diesel.
- Pramesti, Lely. (2013). Analisa pengaruh angka iodin pada biodiesel dari waste cooking oil terhadap laju keausan dan terbentuknya carbon deposit pada komponen small marine diesel engine.
- Siagian, Arifin dan Silaban, Mawardi (2013). Prediksi Ignition Delay Mesin Diesel Berbahan Bakar Ganda.
- Prabowo, Ngurah Rekto dan Yuliono, Nova (2014). Studi eksperimental pengaruh timing injection terhadap unjuk kerja motor diesel 1 silinder putaran konstan dengan bahan bakar bio solar.
- Sudarmata, Bambang (2008). Pengaruh penambahan biodiesel terhadap unjuk kerja dan emisi motor diesel pada derajat waktu injeksi advance.
- Nur, Ika. (2007). Pengaruh variasi tekanan injeksi pada unjuk kerja motor diesel dengan bahna bakar alternative biodiesel minyak biji kapuk.
- Livengood, J.C. and Wu, P.C., Autoignition Phenomena in Combustion Engines and Rapid Compression Machines, 5th Symp. (Int.), on Comb., 347-356, Reinhold Publishing Corp. (1955).



“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## LAMPIRAN

### - Hasil Uji Properties Biodiesel



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT  
Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
Telp : 031 - 5953759, 5938940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

---

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Anggit Akbar Y  
Alamat Pemilik : SISKAL ITS

Nama Contoh : Biodiesel Minyak Jelantah  
Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas  
Contoh : Volume : -  
Kemasan : botol

Tanggal Terima : 12 Mei 2017  
Tanggal Pengujian : 05 Juni 2017  
Tanggal Selesai Pengujian : 13 Juni 2017  
Jumlah Contoh : 1

Kode Contoh : EI-307

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel Minyak Jelantah	Viskositas at 40°C	7,17	cSt	ASTM D 445-97
		Densitas	0,89	gr/cm <sup>3</sup>	Piknometer
		Flash Point	183	°C	ASTM D 93-00
		Pour Point	9	°C	ASTM D 97-85

Suhu : 24,7 °C  
Humidity : 48 %  
Analisis : MBB, KRN, EWY

Catatan:  
1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.  
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.  
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak  
Laboratorium Energi dan Lingkungan

  
Dr. Ir. Susianto, DEA  
NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis

  
Vita Yuliana, S.Si  
NIP. 914014001

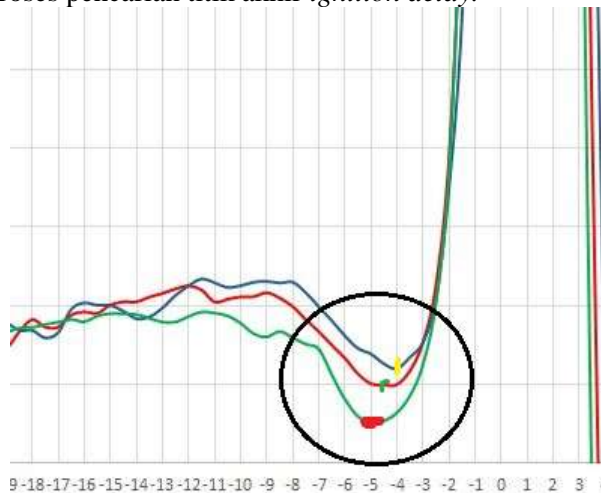
FRA/EL-ITS/5.10-01 Laporan Hasil Pengujian Ter./Rev./TP:1/0/08122016

## - Spesifikasi Mesin Diesel

Merk	: Yanmar Diesel Engine
Model	: 85 TF MH-di
Bore	: 87 mm
Stroke	: 85 mm
Daya	: 5,59kW / 7,5 DK
Speed	: 2200 rpm
Vol langkah	: 493 cc
Dinamometer	: 1 Fase, 50 Hz

## - Cara Mendapatkan Ignition Delay

*Ignition Delay* didapatkan dari grafik *combustion process* pada parameter grafik *heat release*. Dari *heat release* dapat diketahui kapan bahan bakar mulai mengalami proses pembakaran. Dari titik itulah akan didapatkan *igniton delay* suatu proses pembakaran. Berikut gambar proses pencarian titik akhir *ignition delay*.



Gambar Proses Pencarian Titik Akhir *Ignition Delay*

## - Perhitungan Timming Ignition Delay

Ketika sudah didapatkan titik akhir dari *Ignition delay* maka dapat kita tentikan *timming ignition delay* dengan cara :

$$\text{Timming Ignition Delay} = \frac{1}{\frac{rps}{360}} \times \text{abs}(a-b) \times 1000$$

Dimana :

Timming *Ignition Delay* = Waktu *ignition delay* (ms)

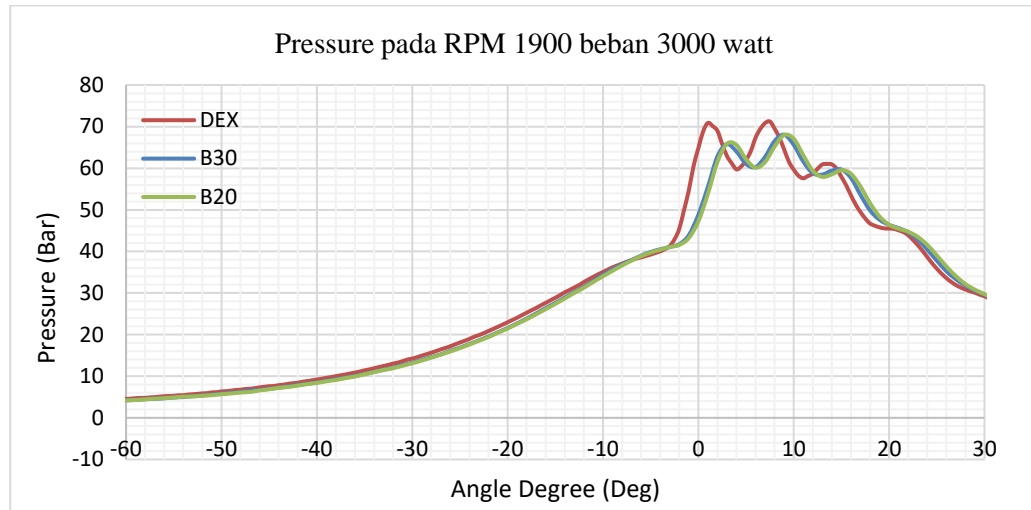
Rps = Putaran mesin persekon

a = posisi awal *ignition* ( $-18^0$ )

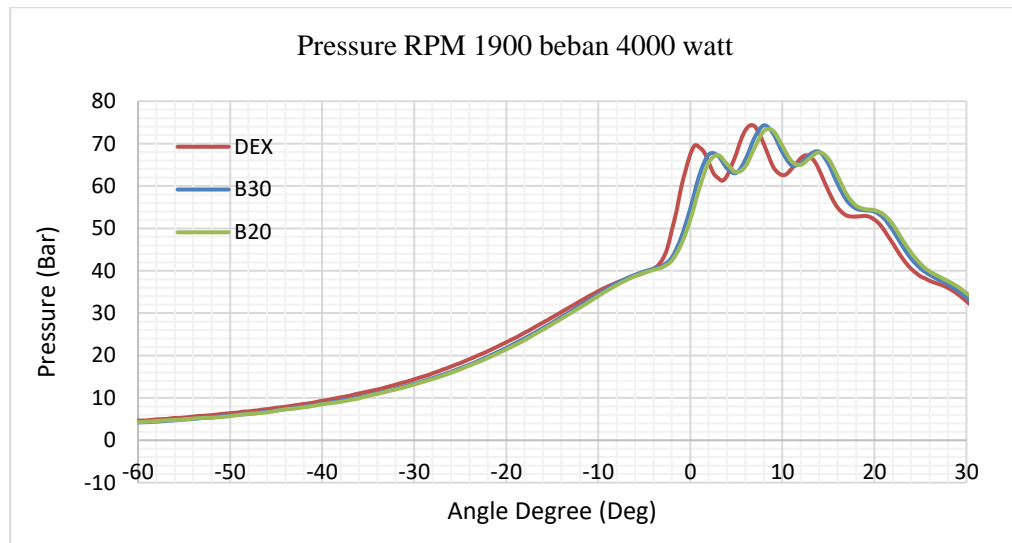
b = posisi akhir *ignition*

### 7.1.1 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (*Maximum Pressure*)

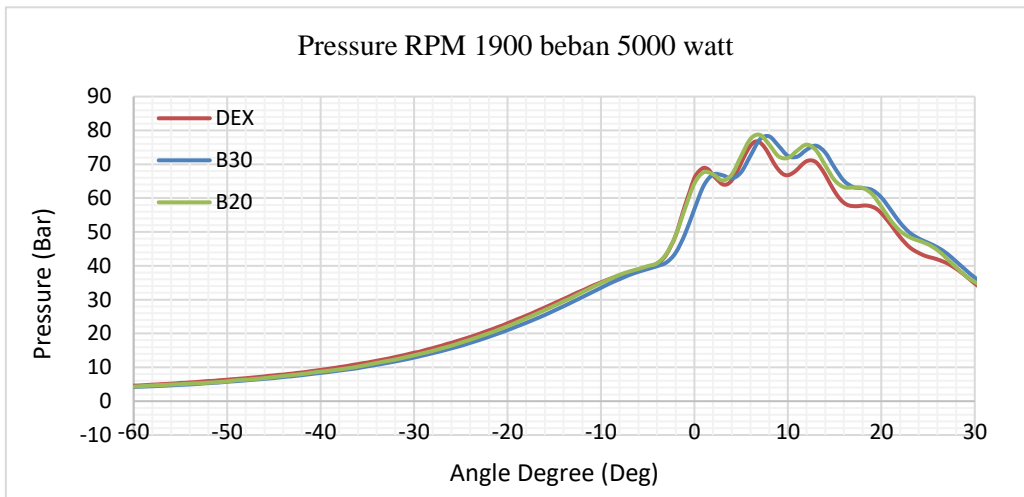
#### 7.1.1.1 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.



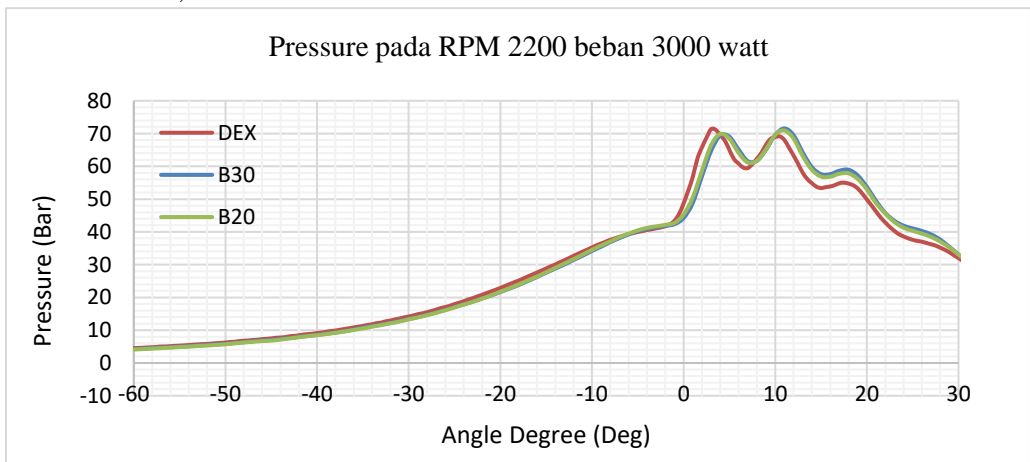
#### 7.1.1.2 Analisa Perbandingan Max. Pressure B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.



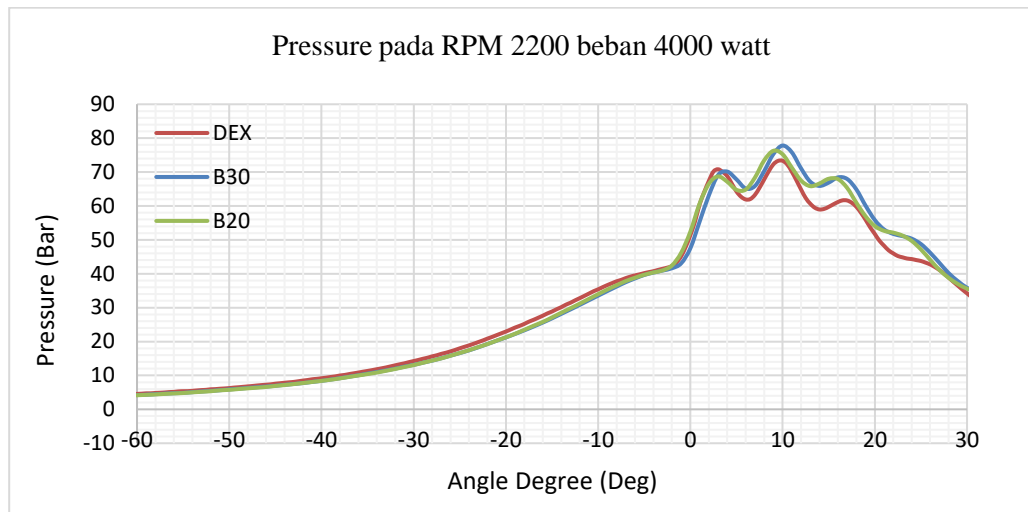
7.1.1.3 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.



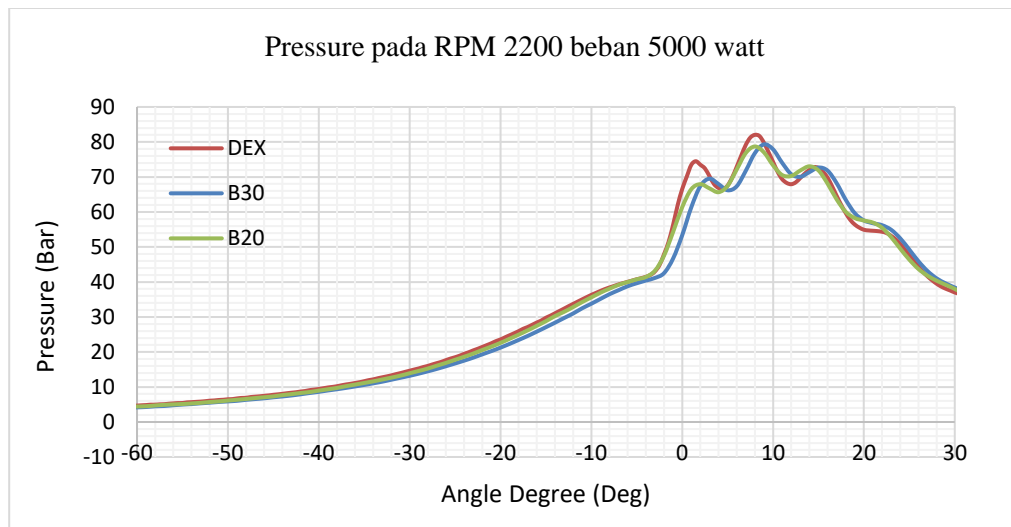
7.1.1.4 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.



7.1.1.5 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.

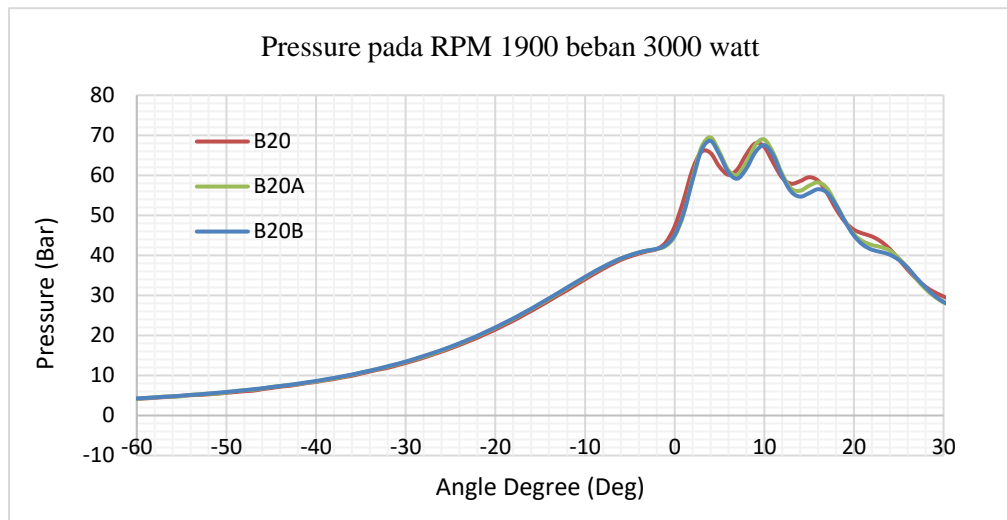


7.1.1.6 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.

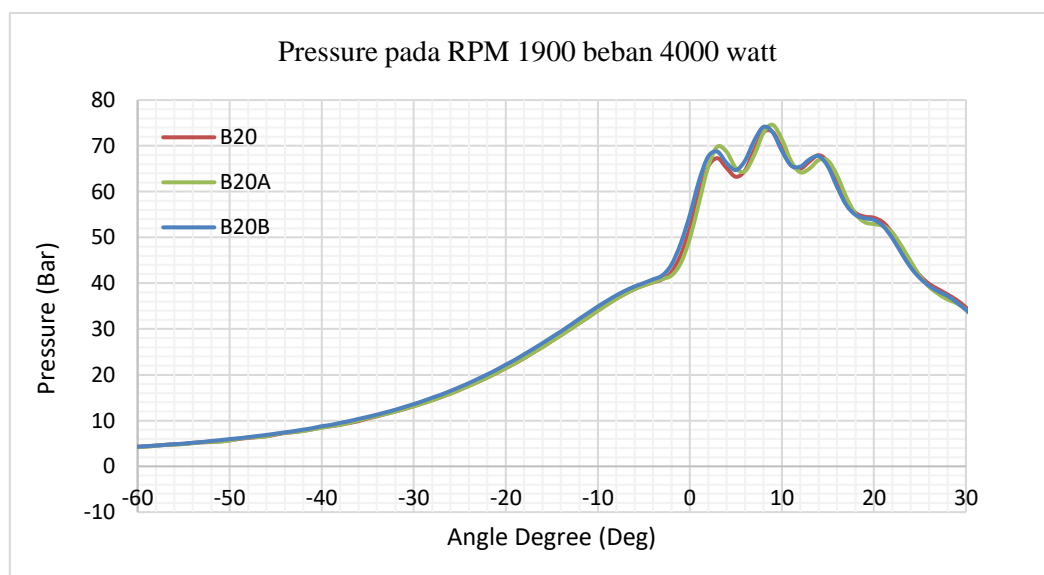




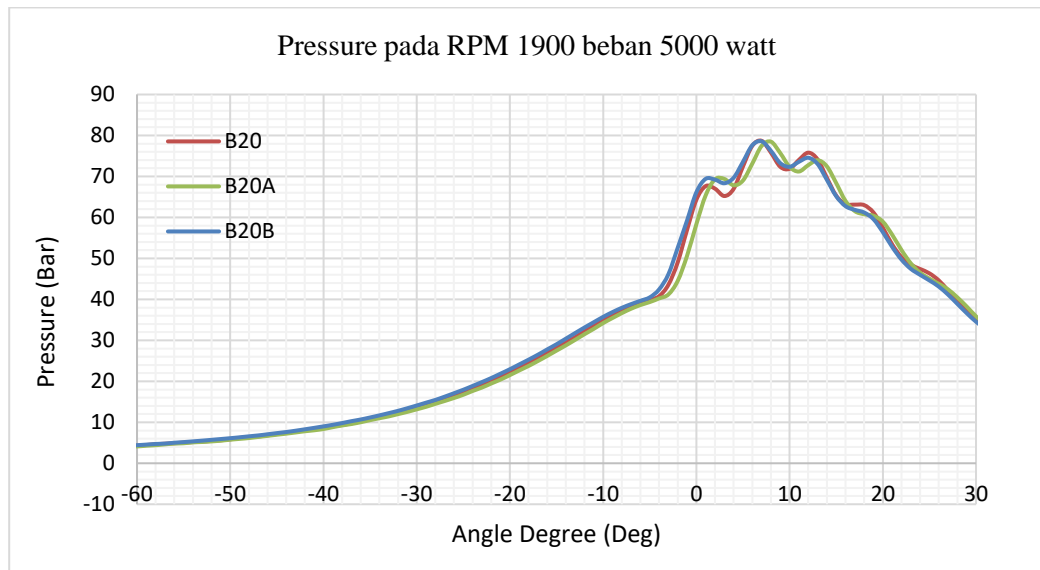
7.1.1.7 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada 80% RPM 1900; beban 3000 watt.



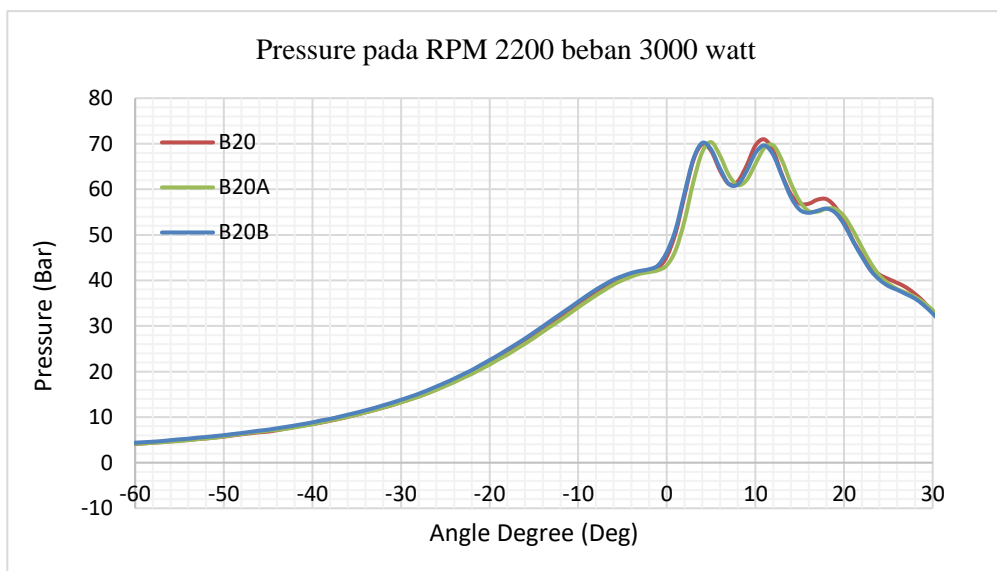
7.1.1.8 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



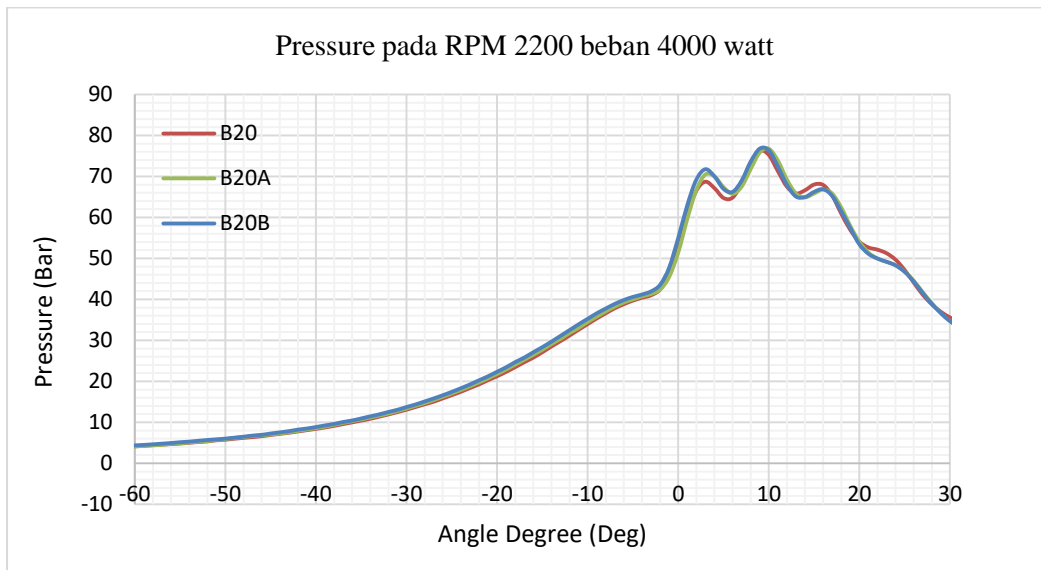
7.1.1.9 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada 80% RPM 1900; beban 5000 watt.



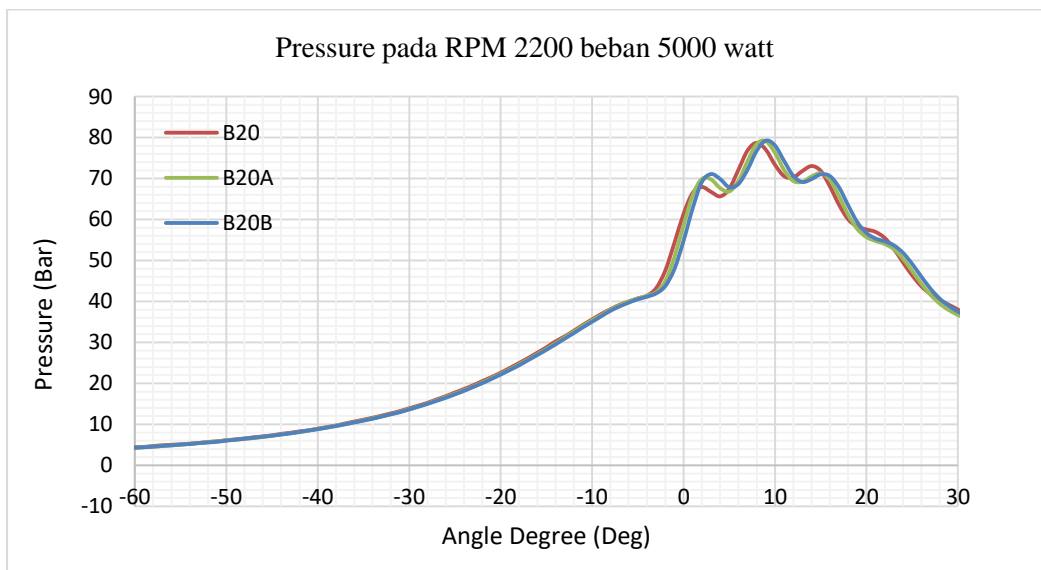
7.1.1.10 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



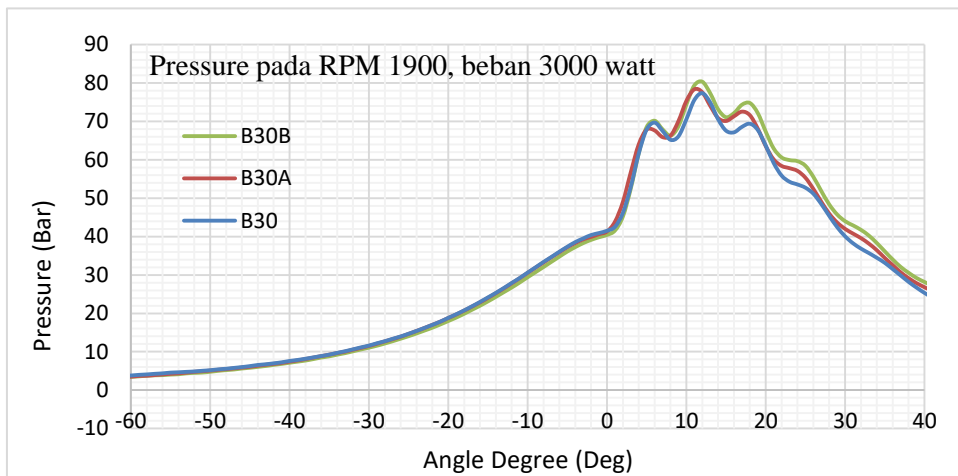
7.1.1.11 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



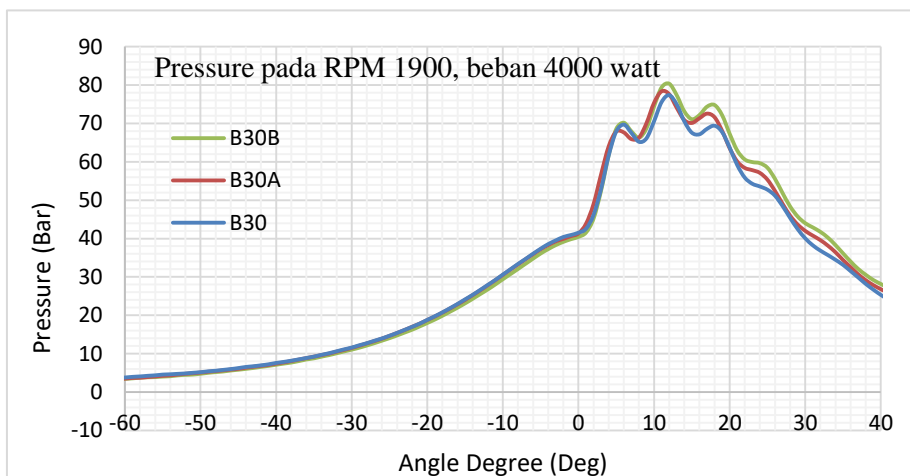
7.1.1.12 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



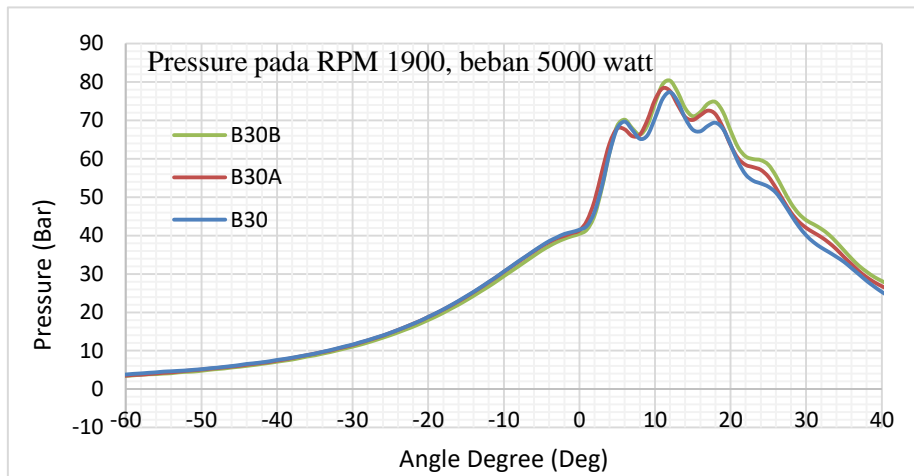
7.1.1.13 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.



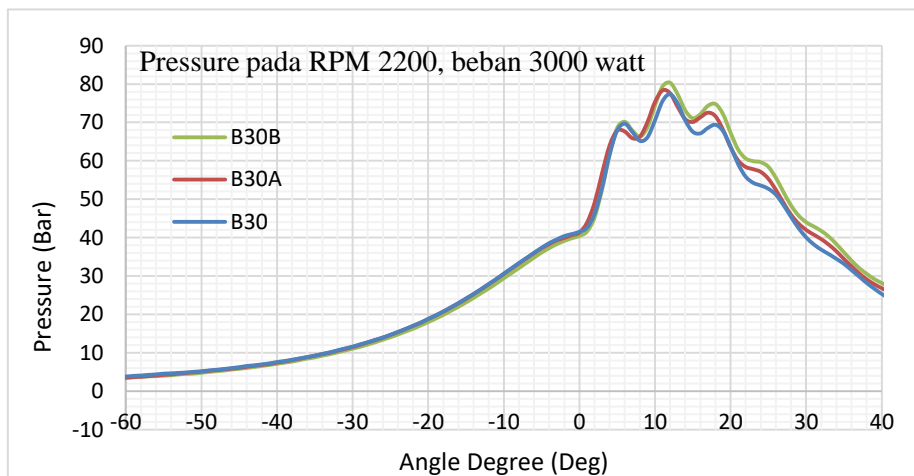
7.1.1.14 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



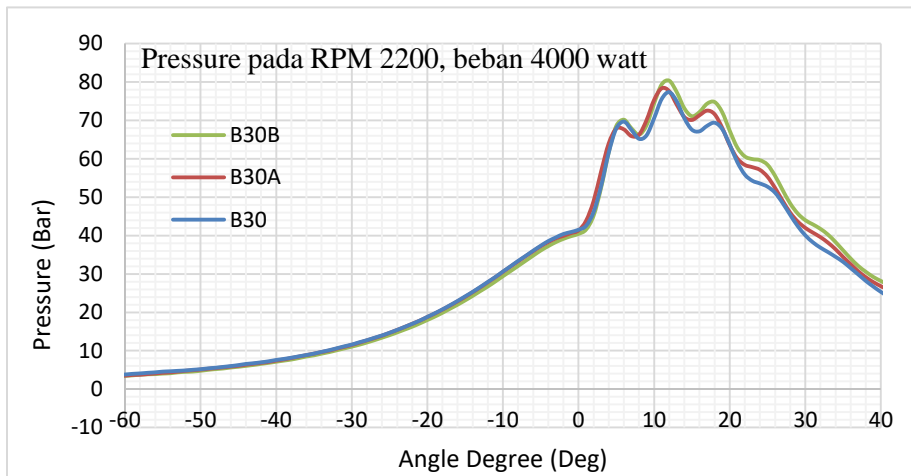
7.1.1.15 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



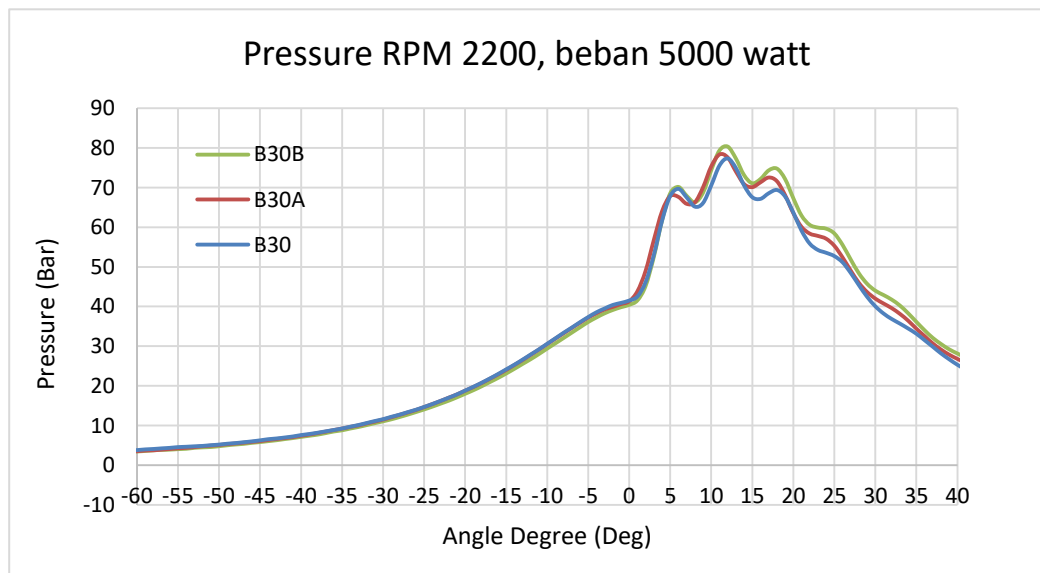
7.1.1.16 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



7.1.1.17 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



7.1.1.18 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.

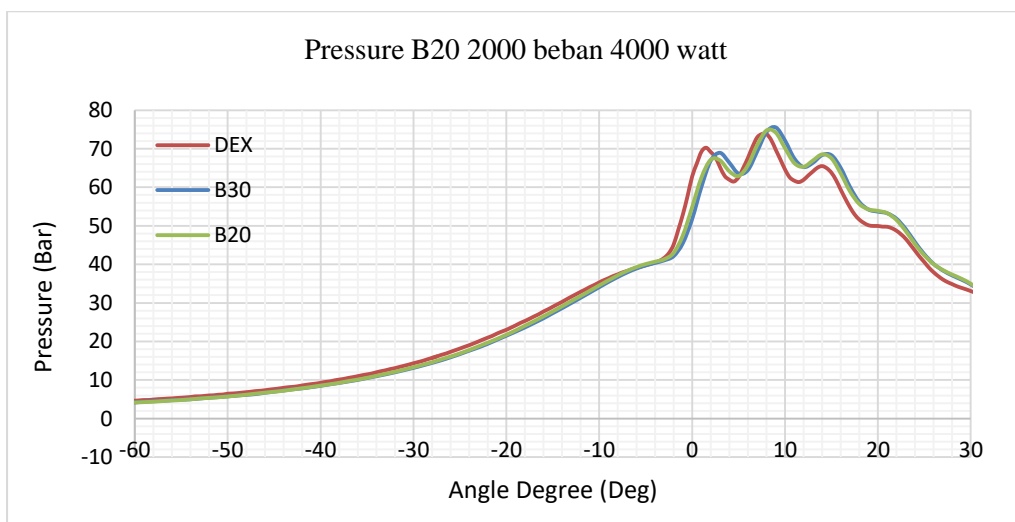


Grafik 4. 65 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt

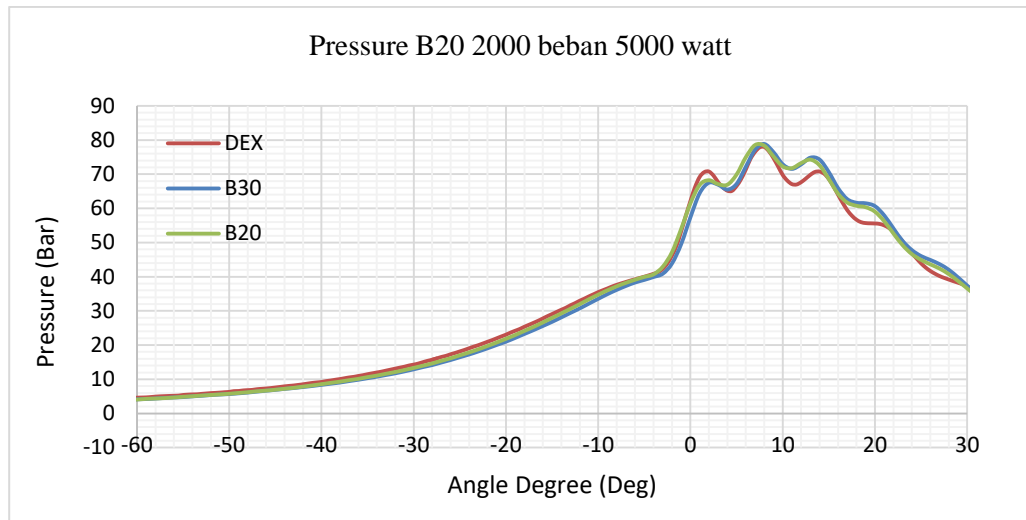
7.1.1.19 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 3000 watt.



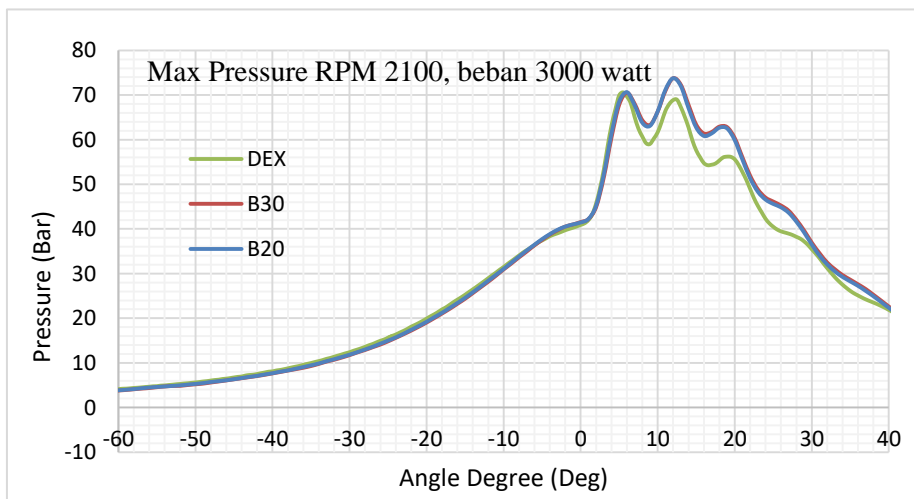
7.1.1.20 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 4000 watt.



7.1.1.21 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 5000 watt.

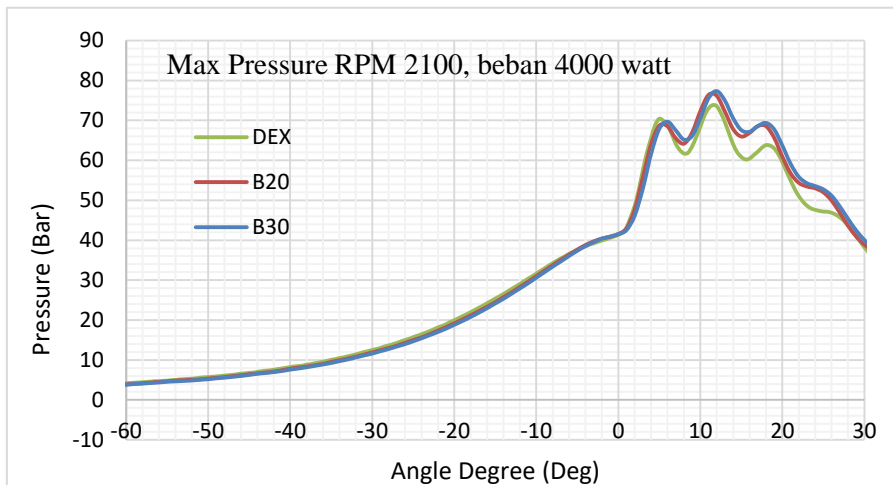


7.1.1.22 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2100; beban 3000 watt.

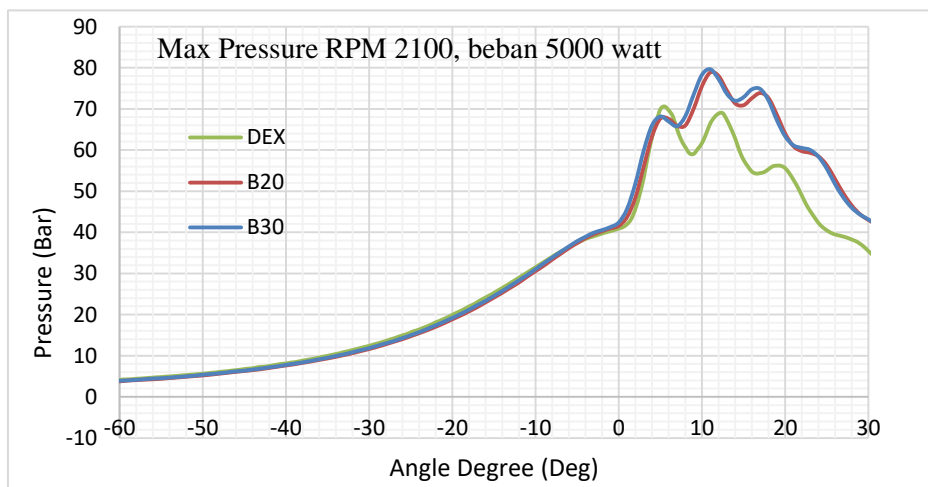




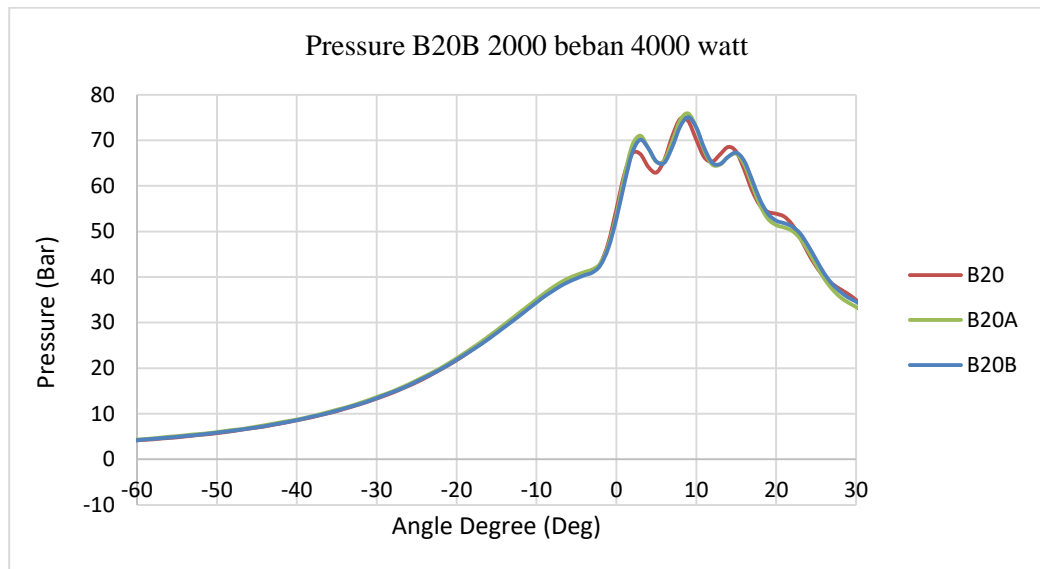
7.1.1.23 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2100; beban 4000 watt.



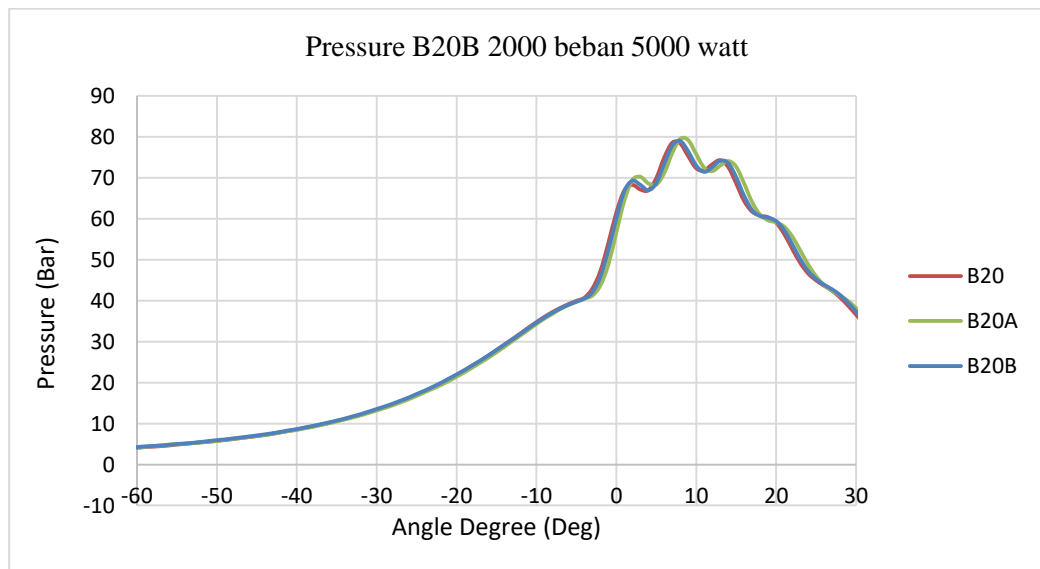
7.1.1.24 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2100; beban 5000 watt.



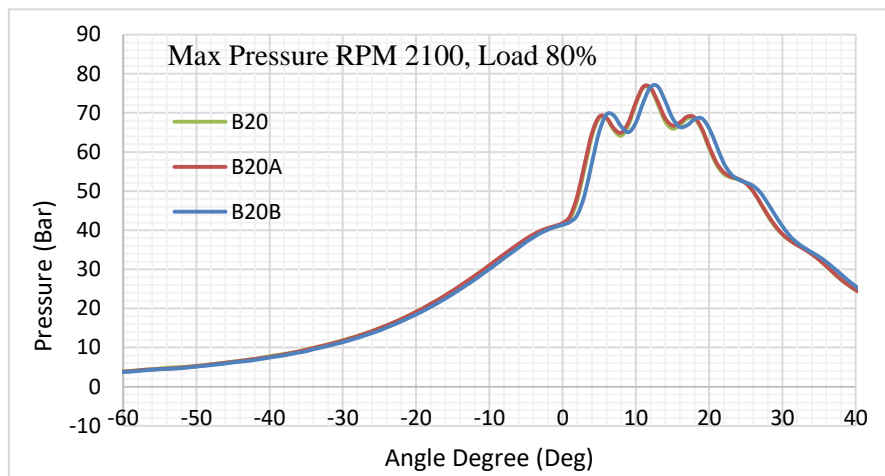
7.1.1.25 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2000; beban 4000 watt.



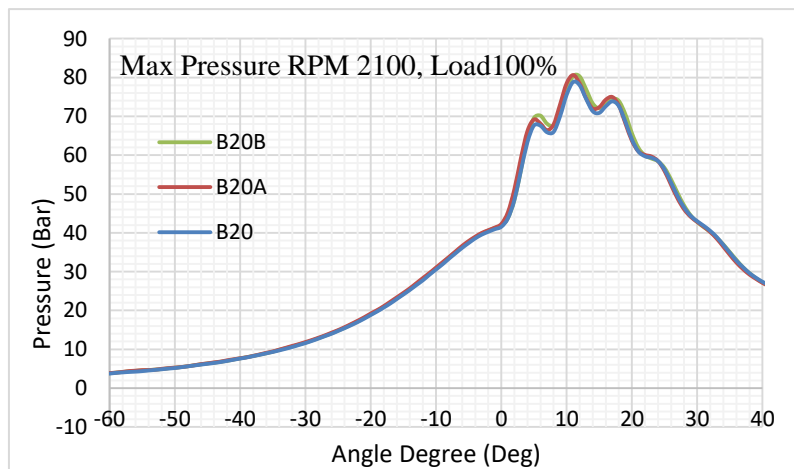
7.1.1.26 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2000; beban 5000 watt.



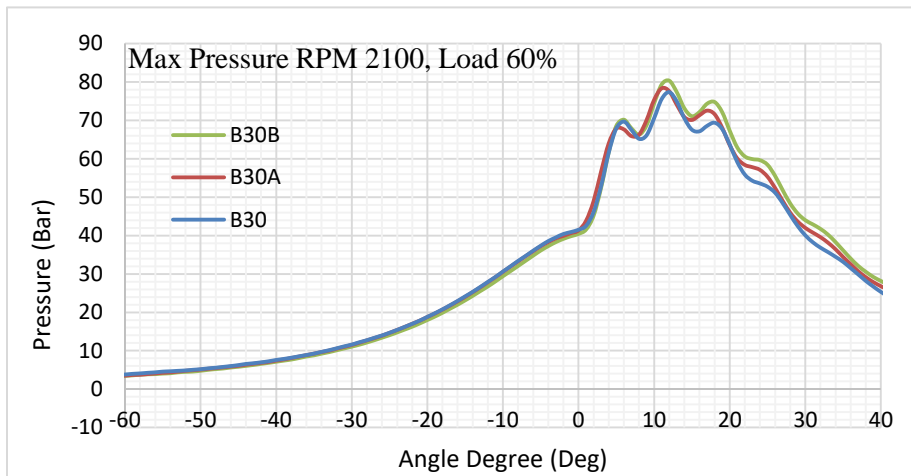
7.1.1.27 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2100; beban 4000 watt.



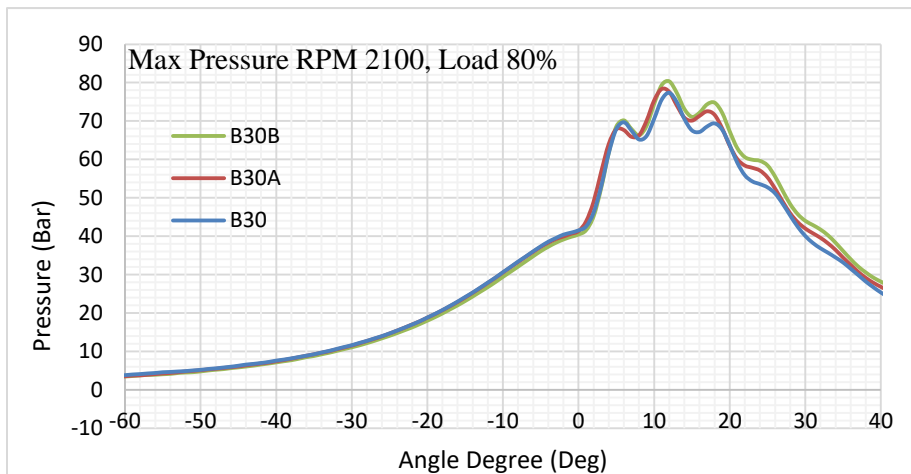
7.1.1.28 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B20; B20A dan B20B pada RPM 2100; beban 5000 watt.



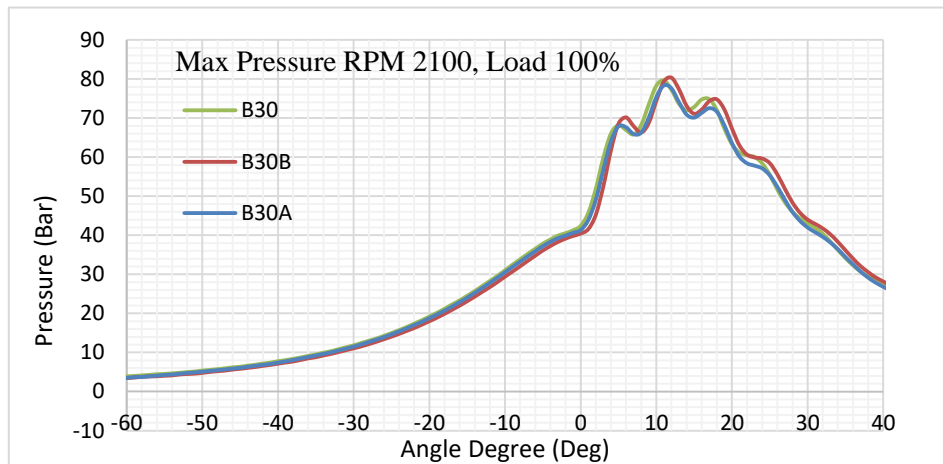
7.1.1.29 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2100; beban 3000 watt.



7.1.1.30 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2100; beban 4000 watt.

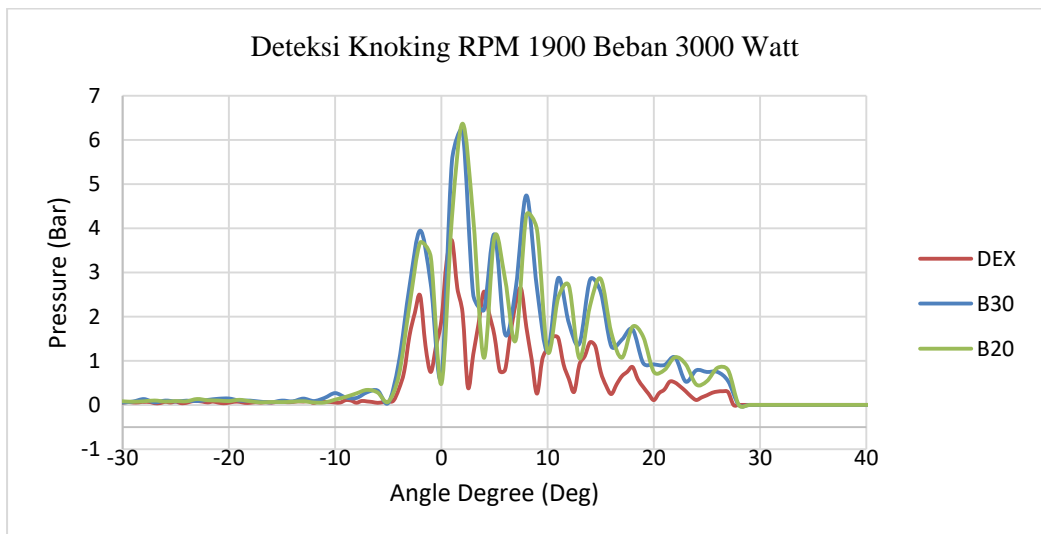


7.1.1.31 Analisa Perbandingan *Max. Pressure* B30; B30A dan B30B pada RPM 2100; beban 5000 watt.

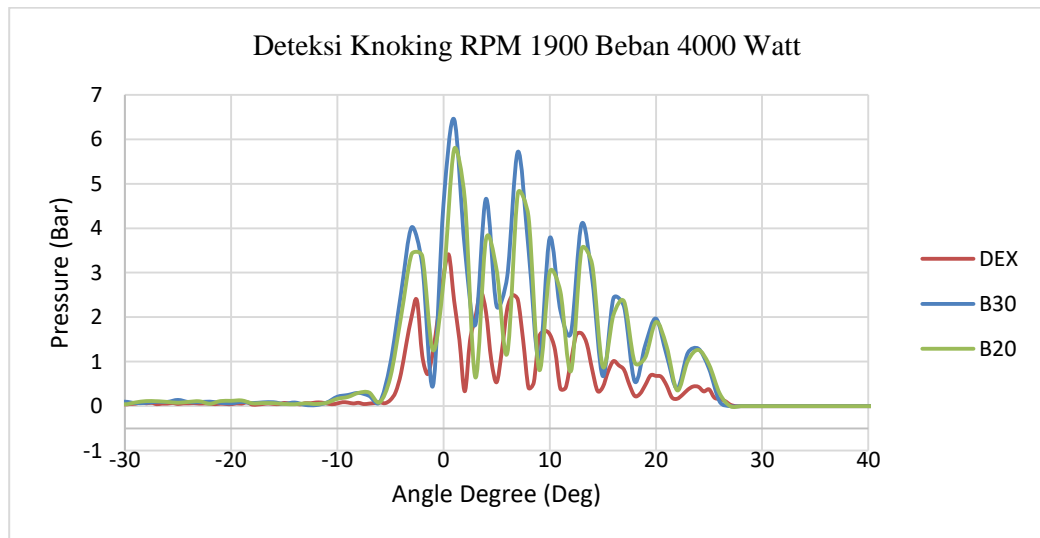


7.1.2 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (*Knocking Detection*)

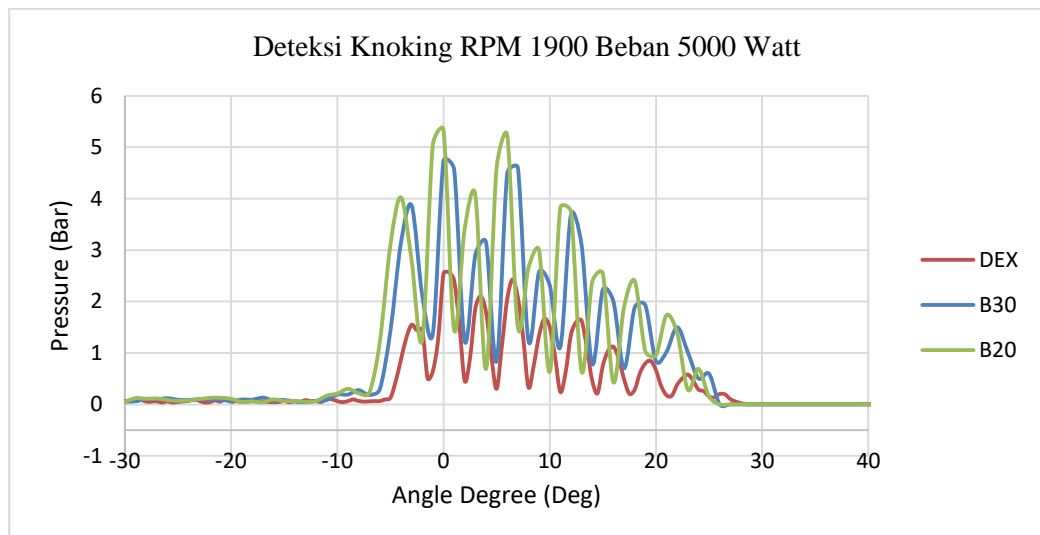
7.1.2.1 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.



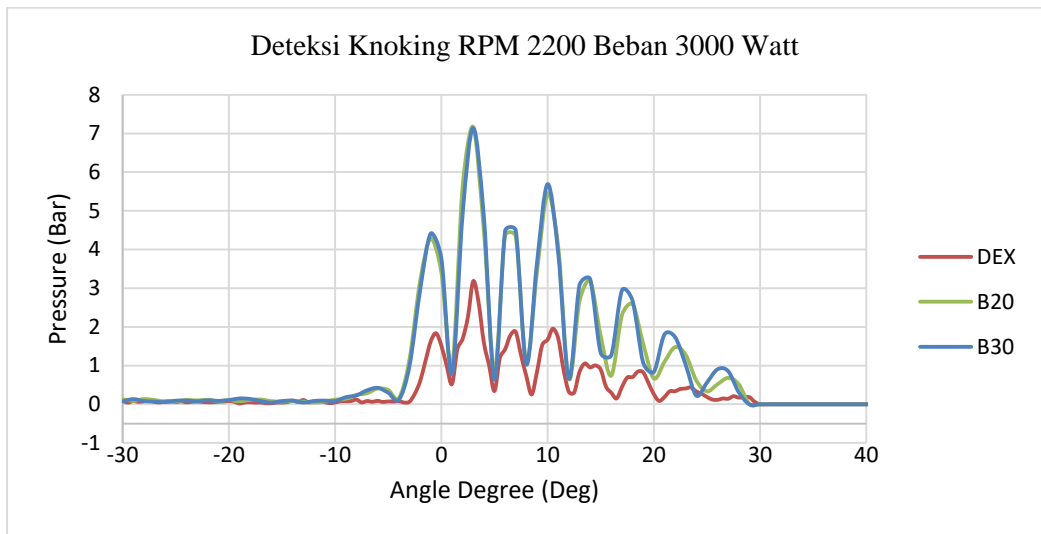
7.1.2.2 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.



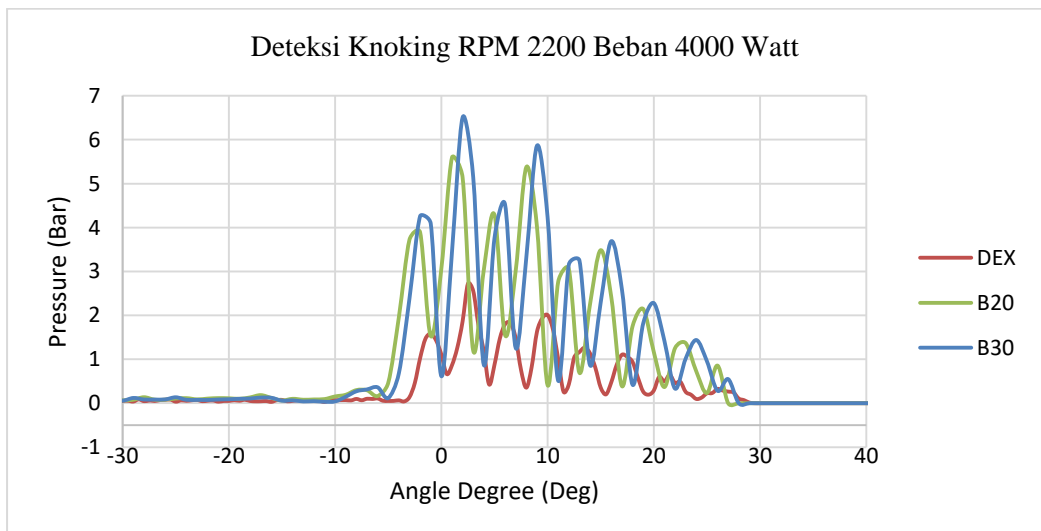
7.1.2.3 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.



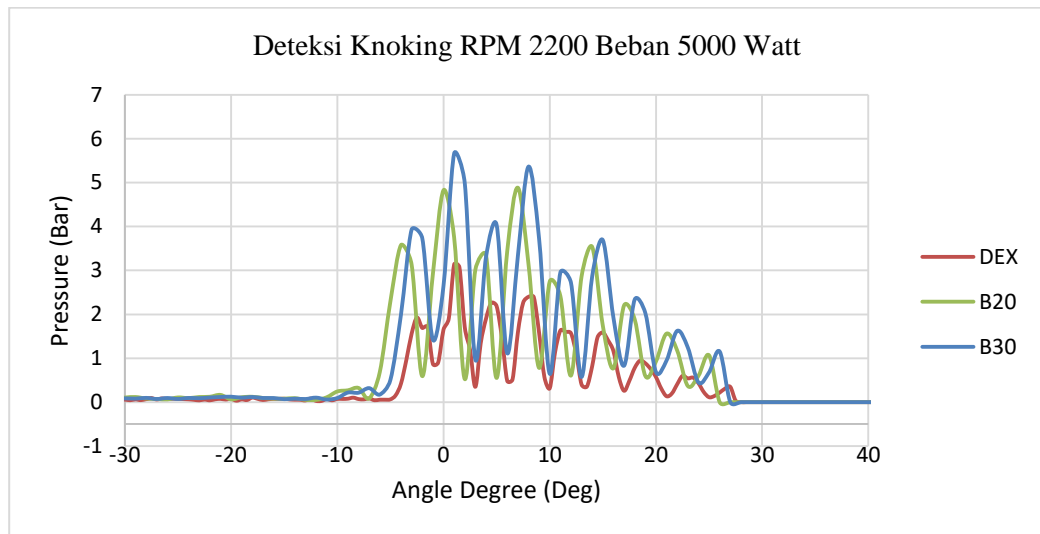
7.1.2.4 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.



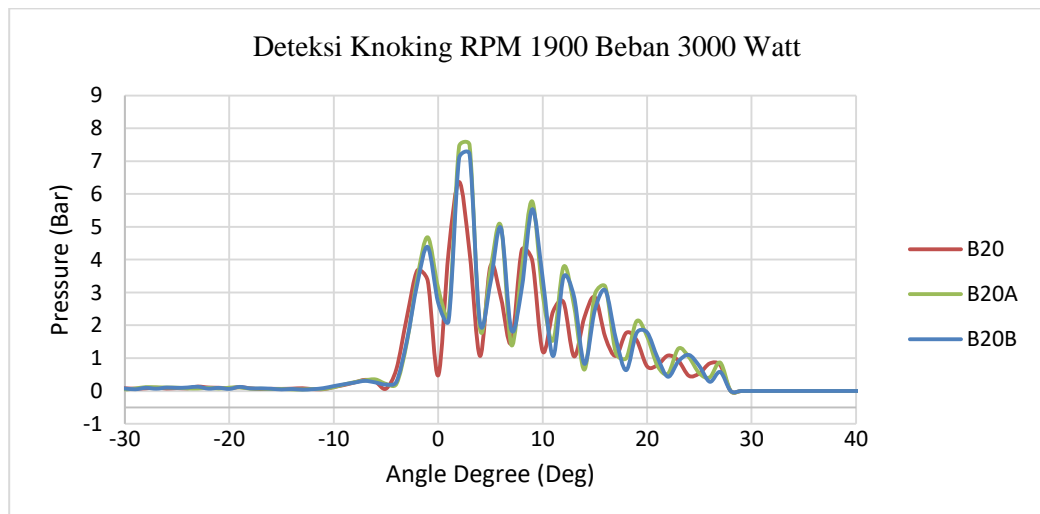
7.1.2.5 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.



7.1.2.6 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.

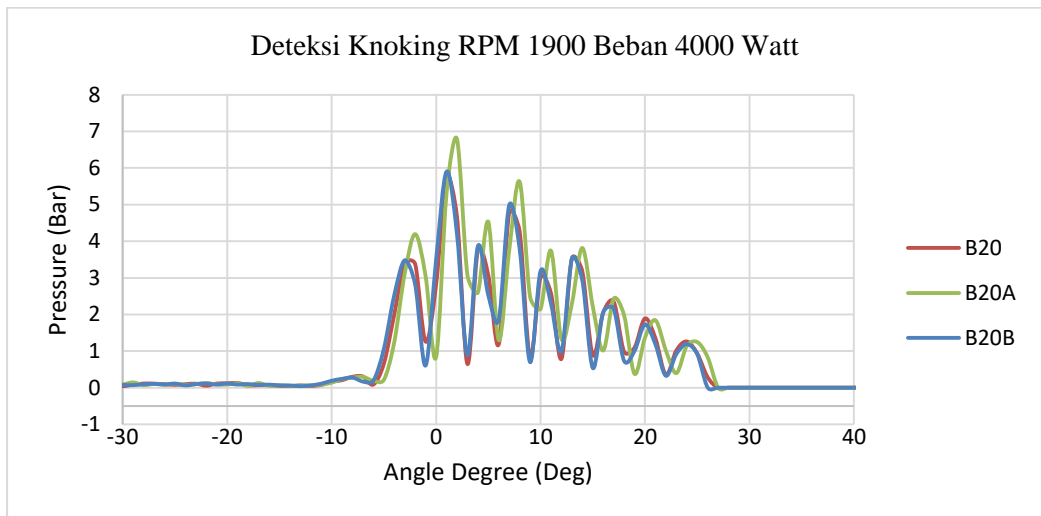


7.1.2.7 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.

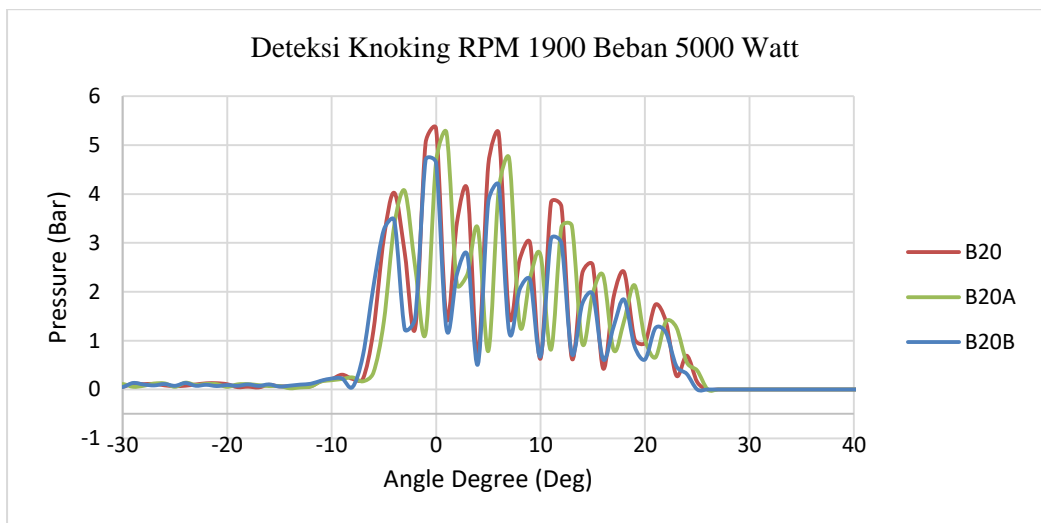




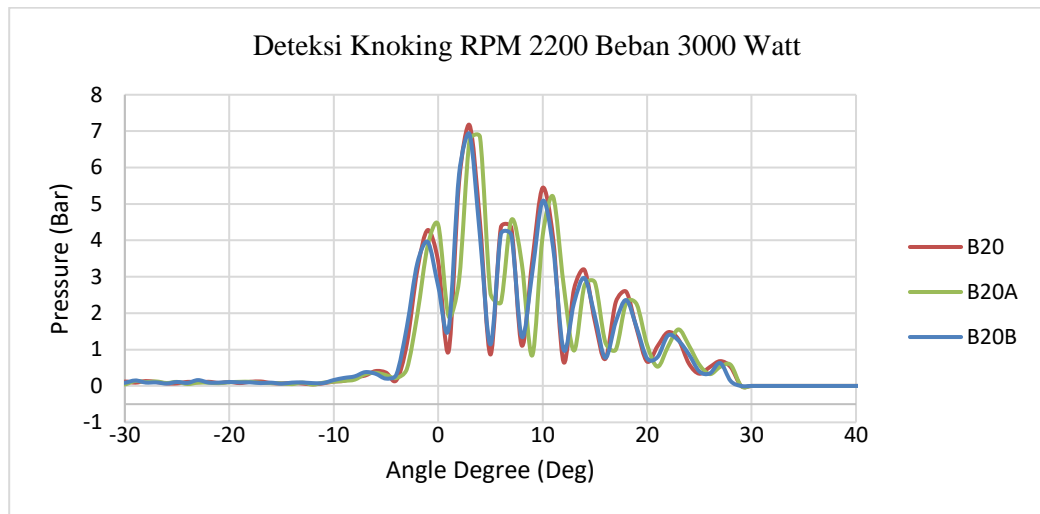
7.1.2.8 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



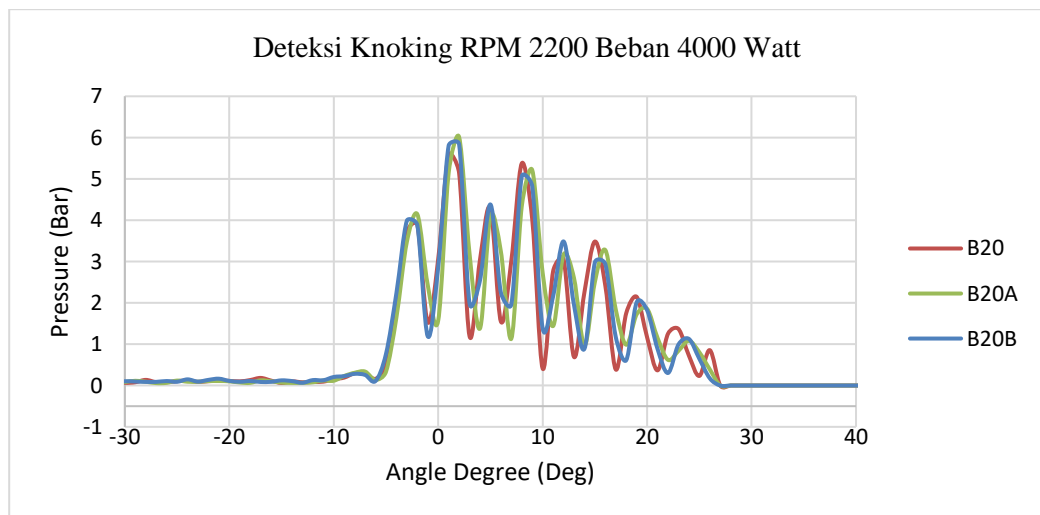
7.1.2.9 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



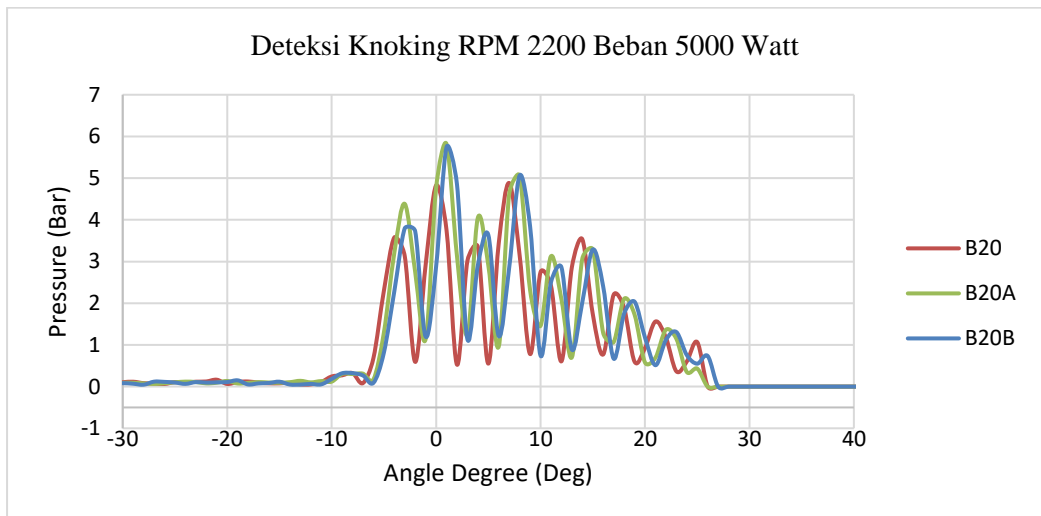
7.1.2.10 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



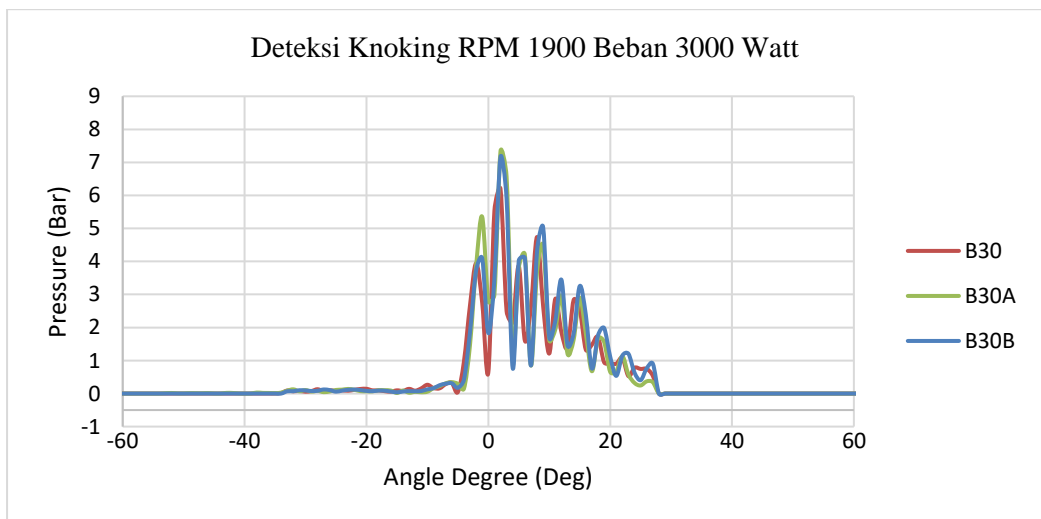
7.1.2.11 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



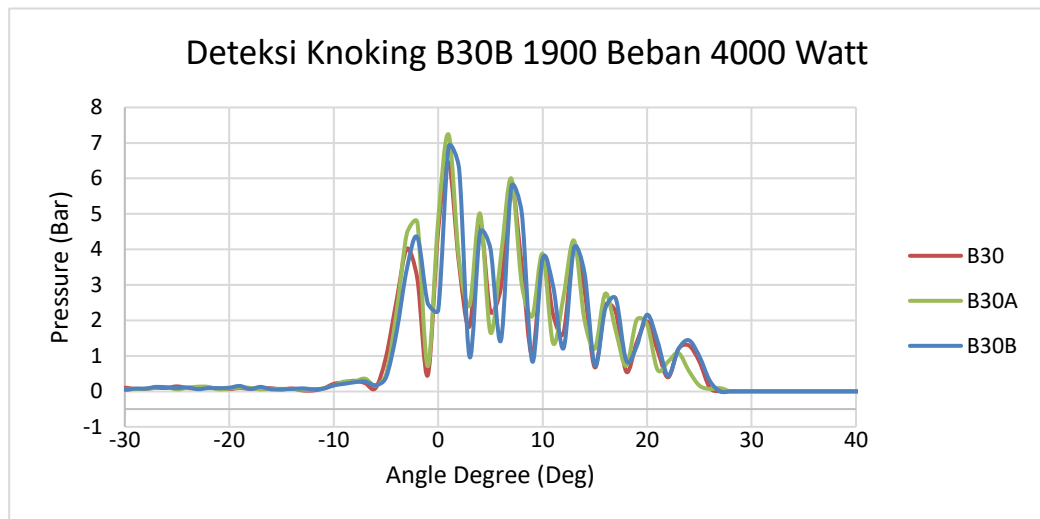
7.1.2.12 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



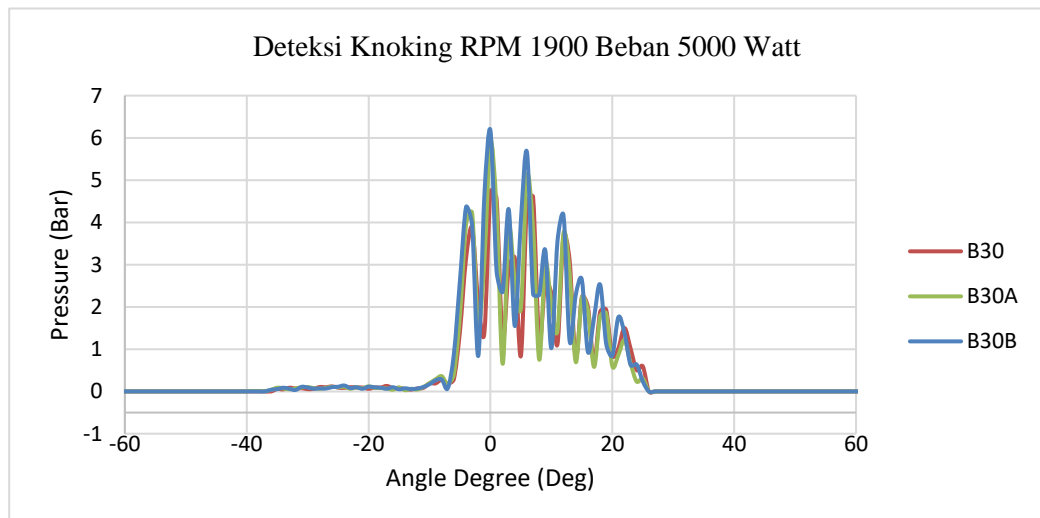
7.1.2.13 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.



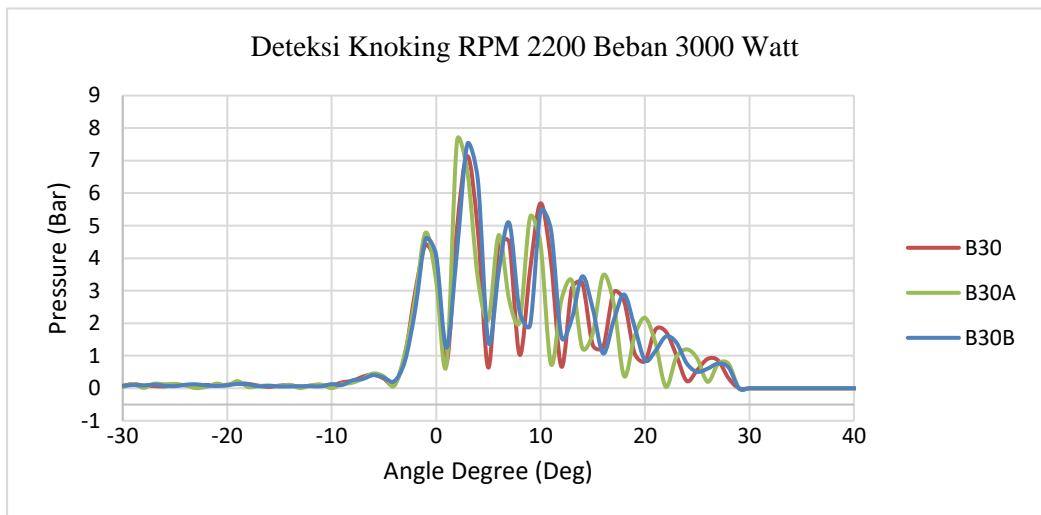
7.1.2.14 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



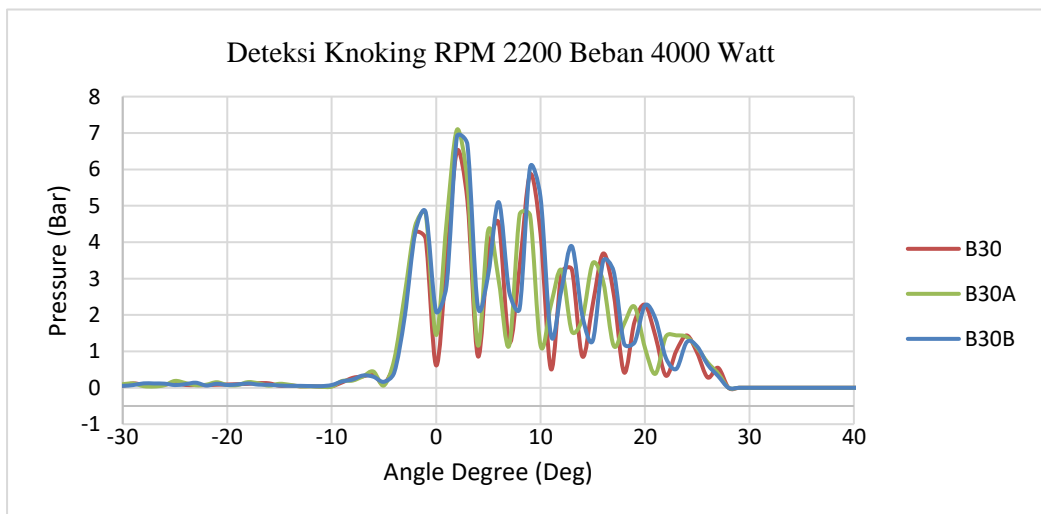
7.1.2.15 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



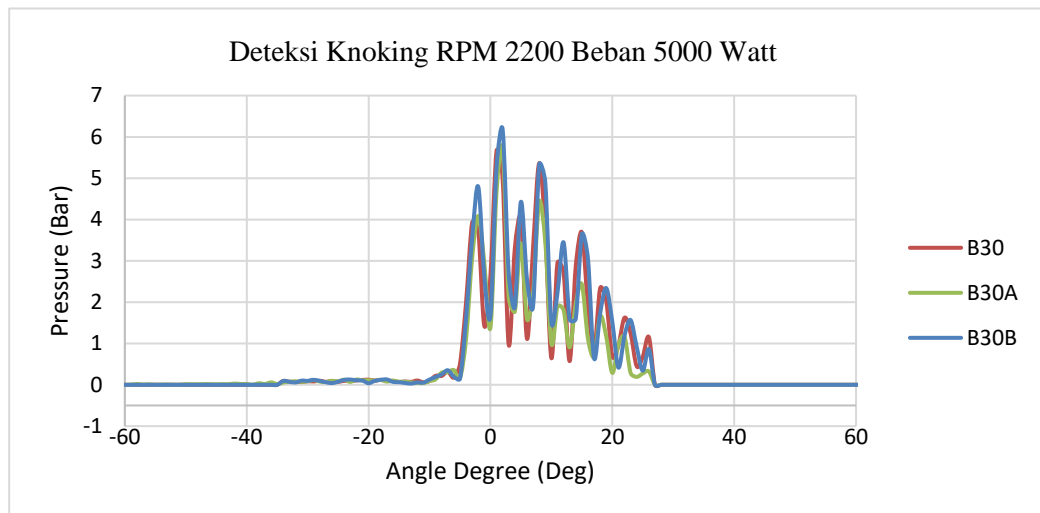
7.1.2.16 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



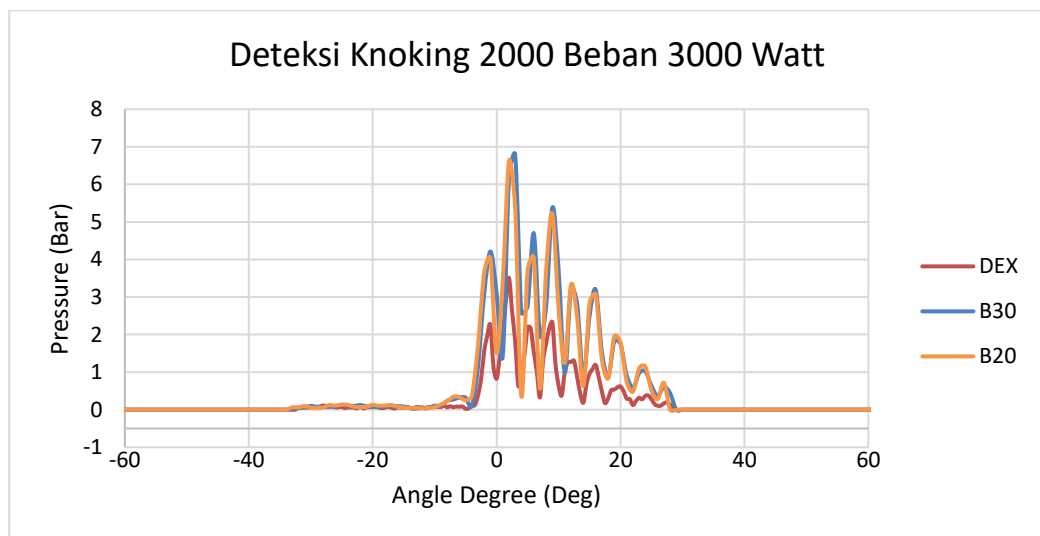
7.1.2.17 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



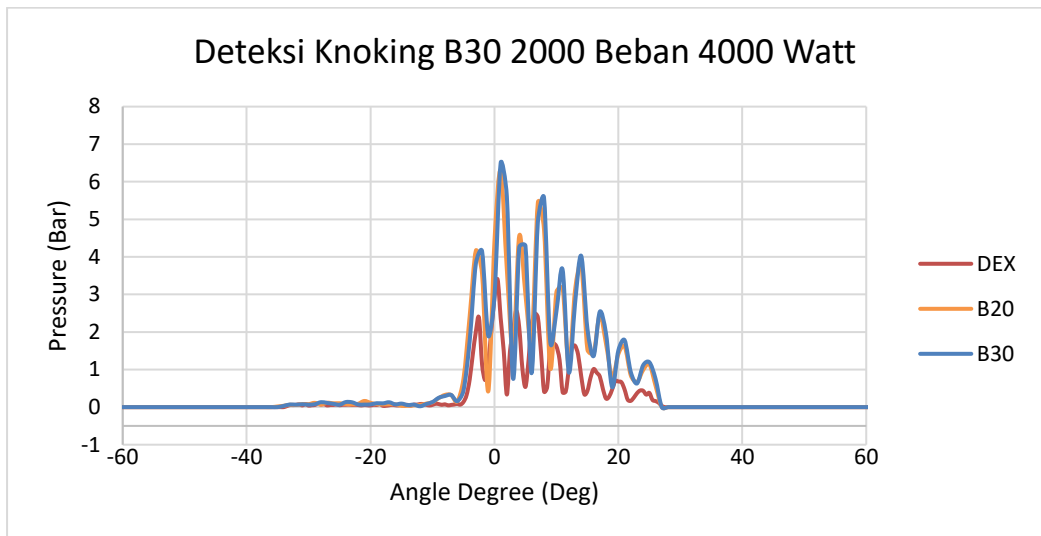
7.1.2.18 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



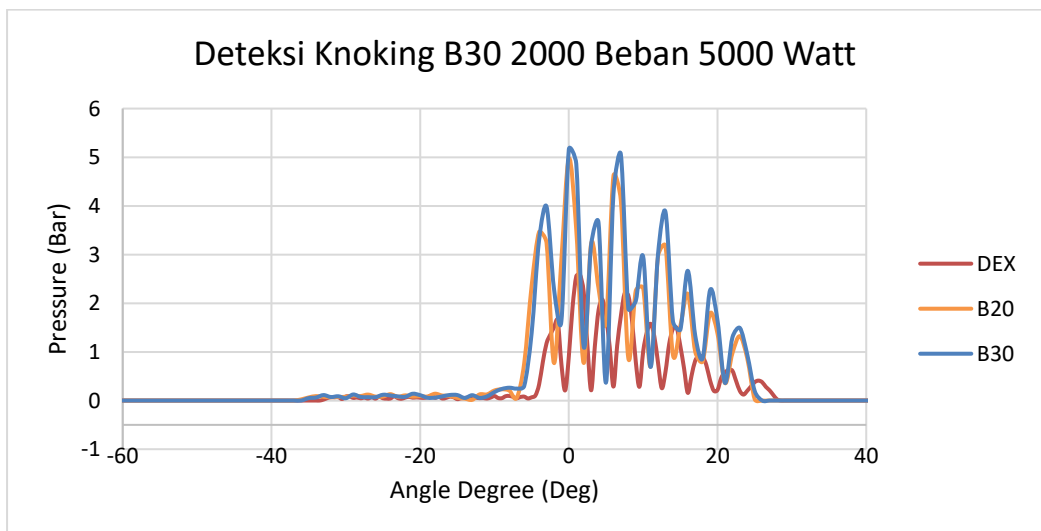
7.1.2.19 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 3000 watt.



7.1.2.20 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 4000 watt.

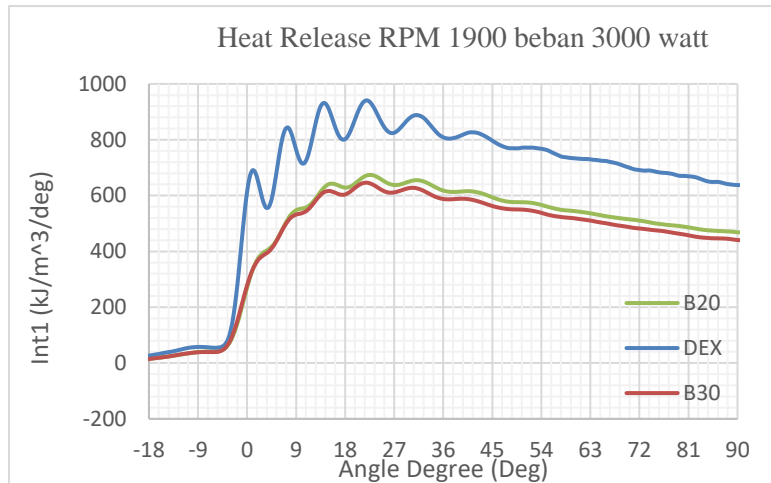


7.1.2.21 Analisa Perbandingan *Knock Detection* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2000; beban 5000 watt.

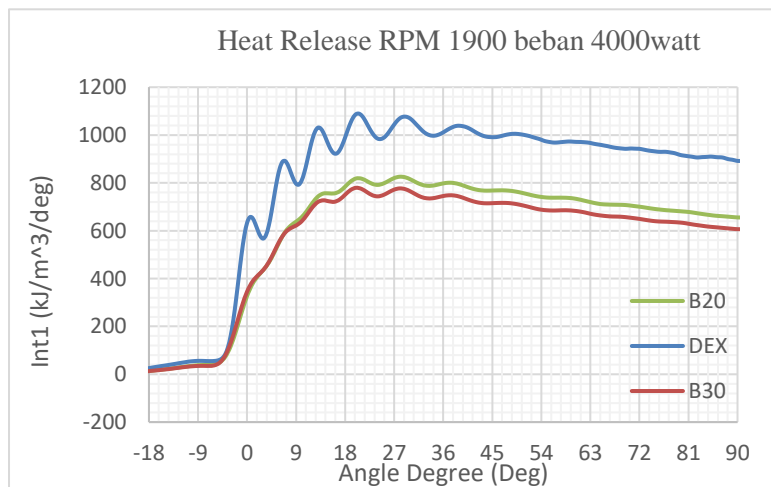


### 7.1.3 Analisa Perbandingan Hasil Proses Pembakaran (Heat Release)

#### 7.1.3.1 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 3000 watt.

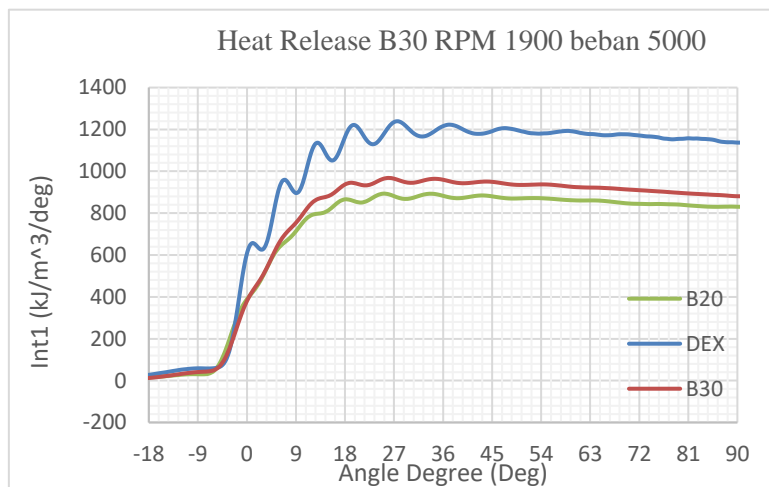


#### 7.1.3.2 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 4000 watt.

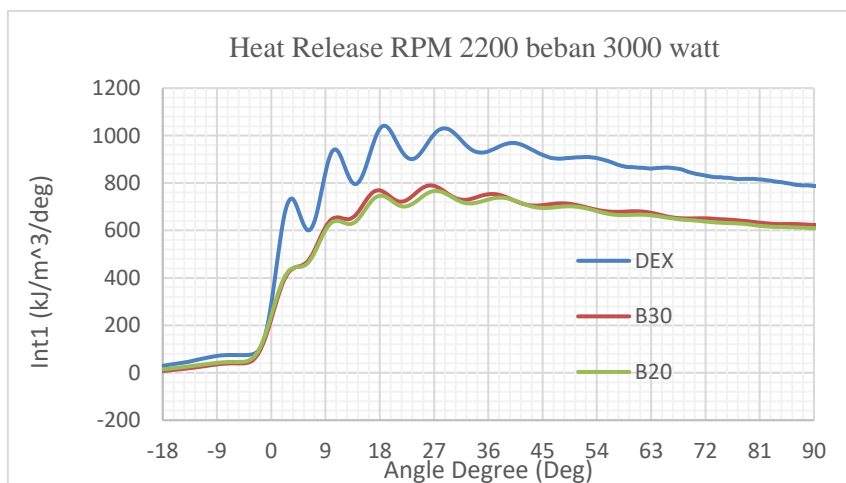




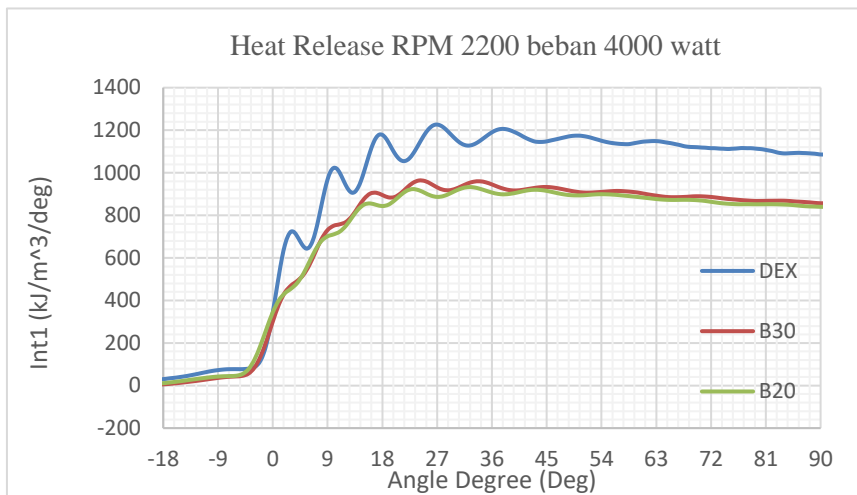
7.1.3.3 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 1900; beban 5000 watt.



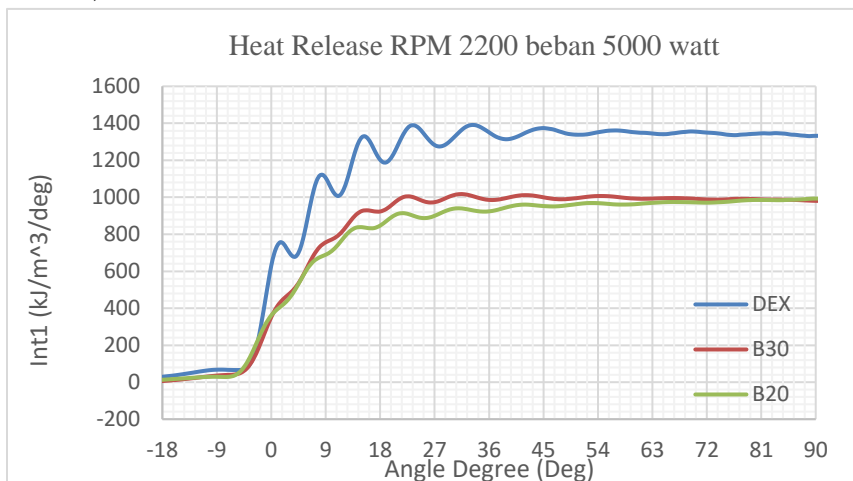
7.1.3.4 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 3000 watt.



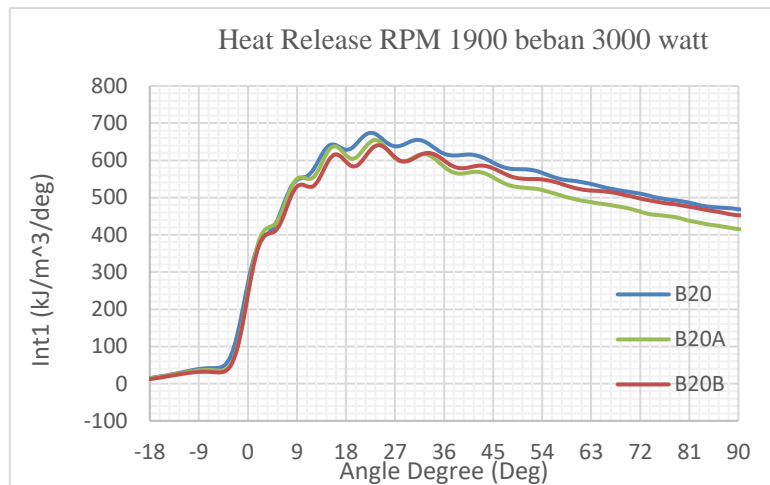
7.1.3.5 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 4000 watt.



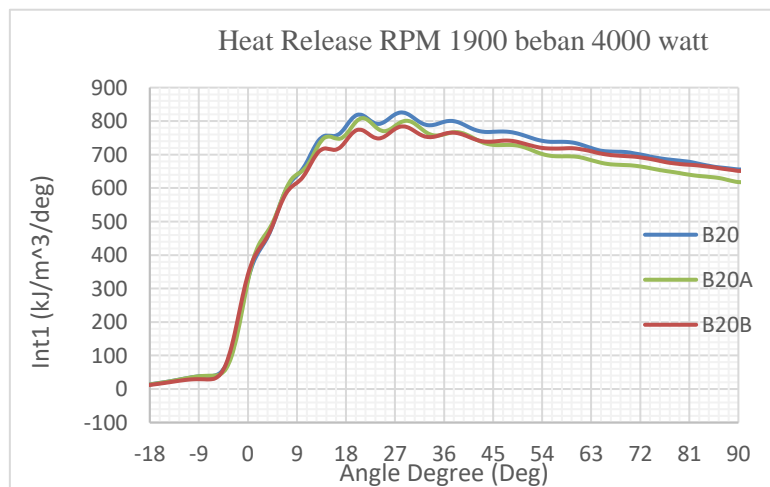
7.1.3.6 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B30 dan Pertamina Dex pada RPM 2200; beban 5000 watt.



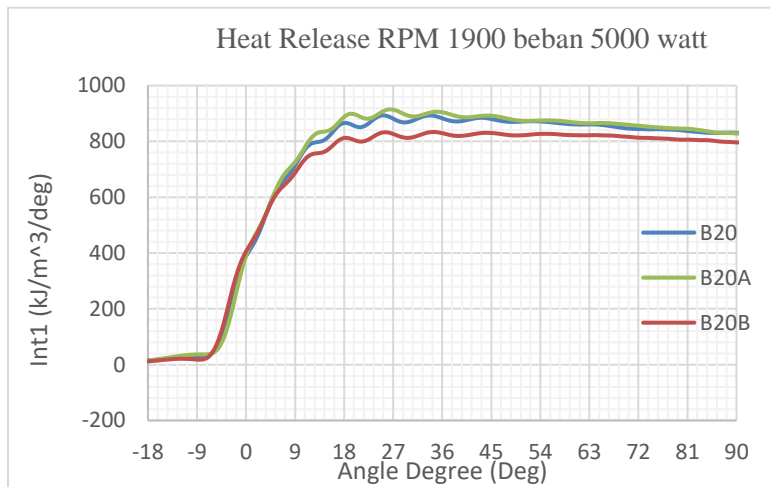
7.1.3.7 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 3000 watt.



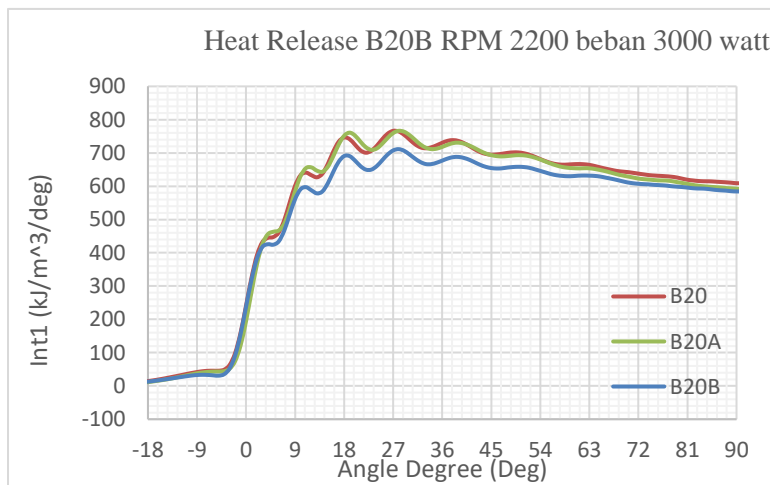
7.1.3.8 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



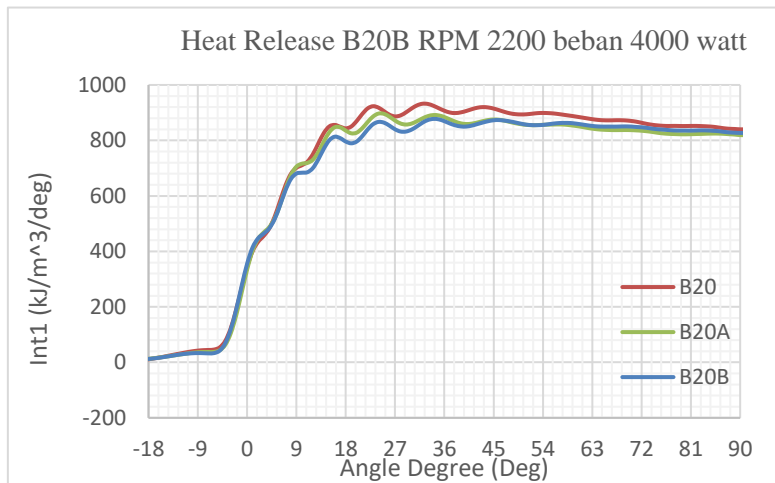
7.1.3.9 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



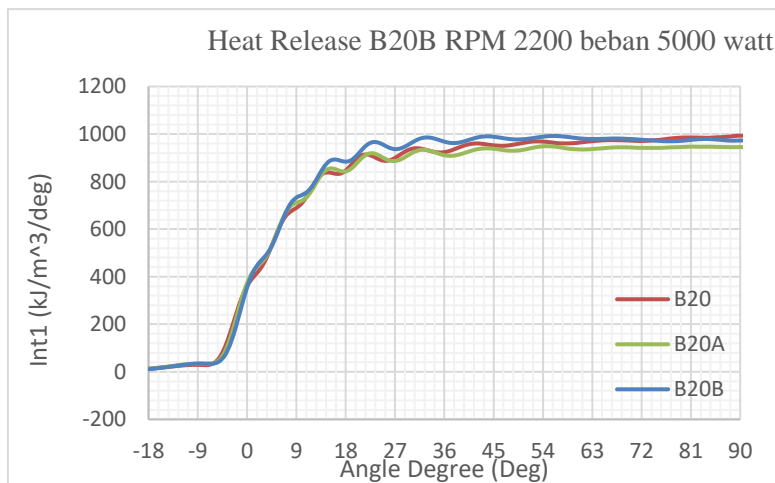
7.1.3.10 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



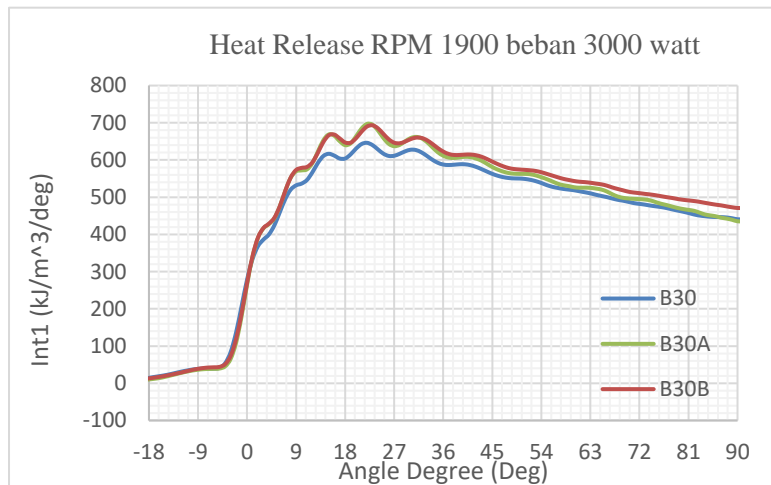
7.1.3.11 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



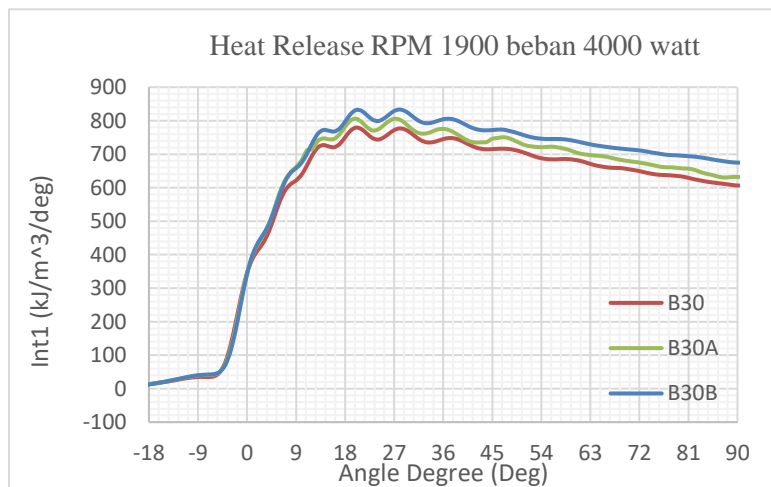
7.1.3.12 Analisa Perbandingan *Heat Release* B20; B20A dan B20B pada RPM 2200; beban 5000 watt.



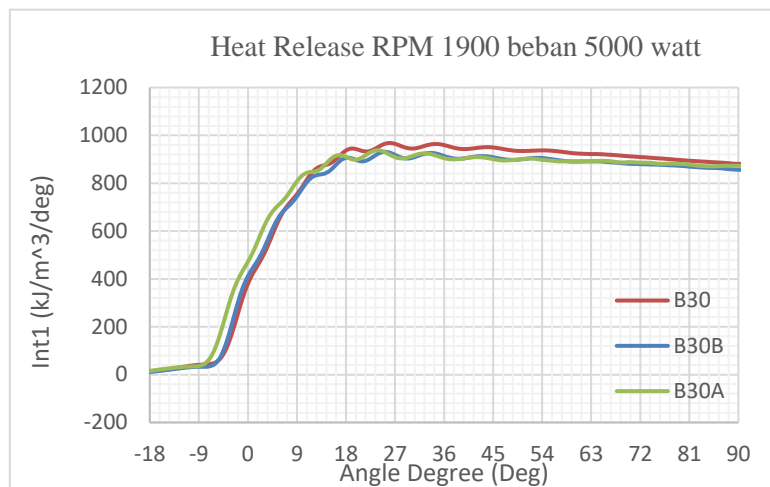
7.1.3.13 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 3000 watt.



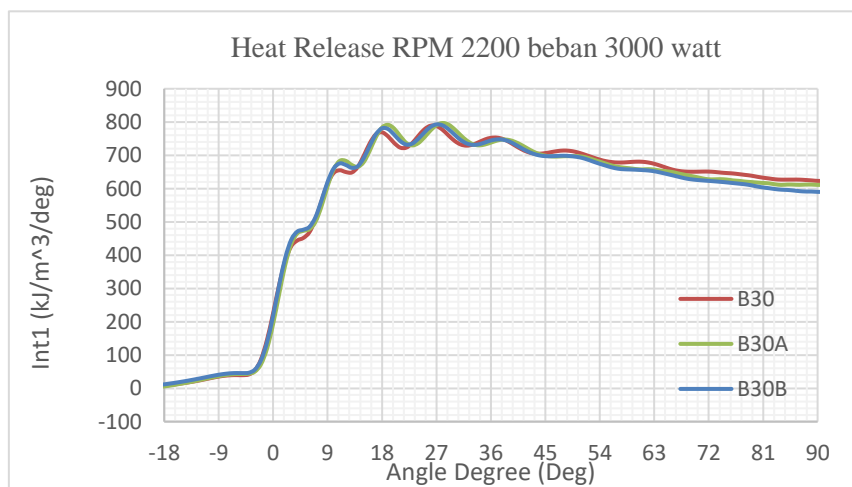
7.1.3.14 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 4000 watt.



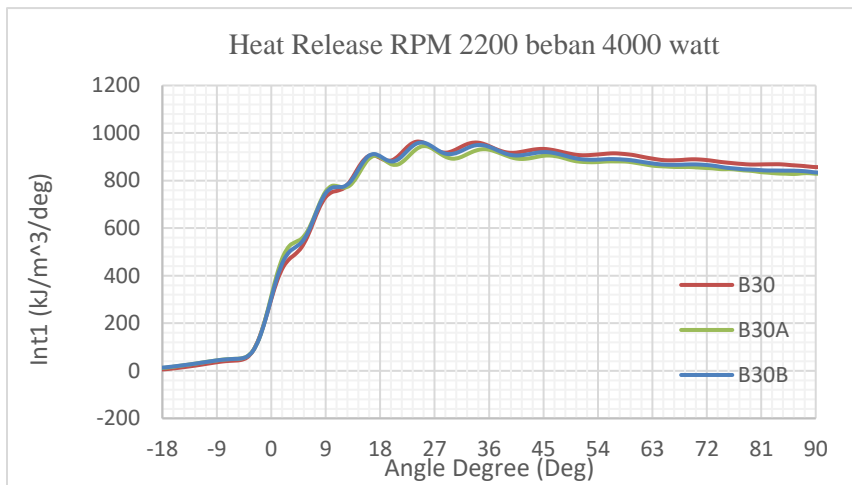
7.1.3.15 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 1900; beban 5000 watt.



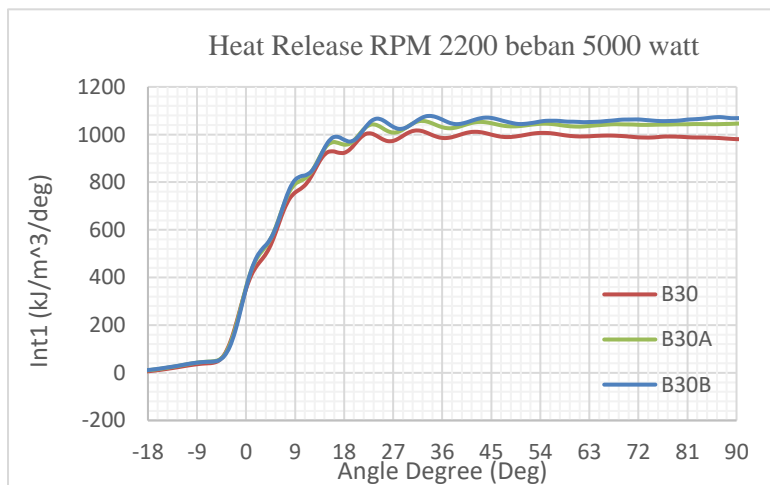
7.1.3.16 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 3000 watt.



7.1.3.17 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 4000 watt.



7.1.3.18 Analisa Perbandingan *Heat Release* B30; B30A dan B30B pada RPM 2200; beban 5000 watt.







## BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Jakarta, 13 November 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Islam Mutiara, SDN 03 Pondok Kelapa Jakarta, SMPN 109 Jakarta, dan SMAN 71 Jakarta. Setelah menyelesaikan pendidikan tahap SMA dan lulus pada tahun 2013, penulis melanjutkan masa studinya di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam mengikuti kegiatan kemahasiswaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan sebagai Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan pada periode 2015/2016. Penulis pernah pula tergabung dalam BEM ITS pada periode 2014/2015. Dalam kegiatan kemahasiswaan penulis juga aktif dalam bidang kepanduan LKMM – ITS. Penulis juga aktif mengikuti seminar serta forum-forum ilmiah yang diadakan pada tingkat institut. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di SAMUDERA SHIPYARD (PT. Yasa Wahana Trita Samudera) dan PT. Indonesia Power PJB Pesanggaran. Dalam pengerjaan tugas akhir, penulis mengambil konsentrasi pada bidang *Marine Power Plant* (MPP)